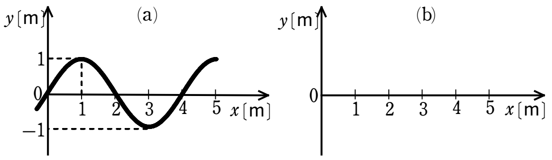
 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

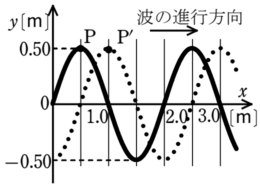
1

x の正の向きに進む波のある時刻の波形が図 (a) のようであった。これから $\frac{3}{4}$ 周期後の波形を実線で，$\frac{1}{2}$ 周期後の波形を破線で図 (b)に描け。



2

x の正の向き (右向き) に進む波がある。図の実線は，この波のある瞬間における波形を示し，0.10 秒後には，波の山 P が P′ まで移動して破線のような波形になった。

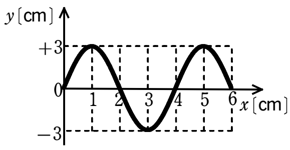


(1)　この波の　(ア)　振幅 A，(イ)　波長 λ，(ウ)　波の伝わる速さ v，(エ)　振動数 f，　(オ)　周期 T を求めよ。

(2)　波の山 P が，図の位置から，$x=10.0$ m のところまで移動するには何秒かかるか。

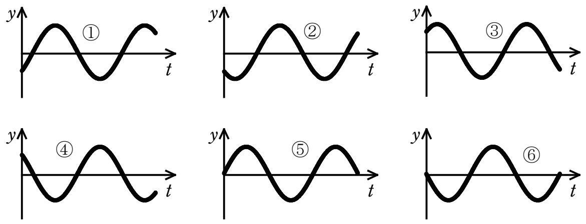
3

図は x 軸上を正の向きに進む正弦波の時刻 $t=0$ における，位置 $x=0$～6 cm の間での波形を示す。



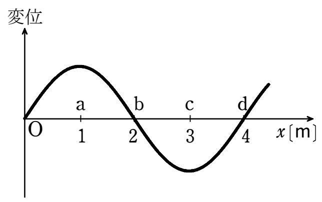
(1)　$t=0$ s のときに $x=1$ cm にあったこの波の山は，$t=0.2$ s には $x=5$ cm の位置まで進んだ。この波の振動数は何 Hz か。

(2)　$x=0.5$ cm における変位 y の時間変化を示すのは下の図のうちどれか。



4 [2016 センター物理基礎（2015～　　）]

媒質中を x 軸の正の向きに速さ 340 m/s で伝わる縦波の正弦波を考える。図は時刻 0 s における媒質の変位を x 軸の正の向きの変位を正として表したものである。



(1)　この波の振動数として最も適当な数値を，次の ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。

[1] Hz

① 85　② 170　③ 340　④ 680　⑤ 1360

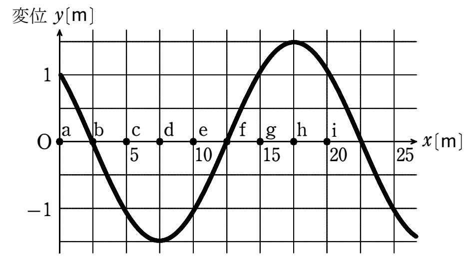
(2)　図に示す a，b，c，d の位置のうちで，時刻 0 s において，媒質が最も密となる位置として最も適当なものを，次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。[2]

① a のみ　② b のみ　③ c のみ

④ d のみ　⑤ a と c　⑥ b と d

5 [2016 センター物理基礎（2015～　　）]

振動数 5 Hz の正弦波が x 軸の正の向きに進んでいる。図は，ある時刻における波形を表したものである。



(1)　この正弦波の振幅，波長，速さの組合せとして最も適当なものを，次の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。[1]

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
振幅〔m〕	1.5	1.5	1.5	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0
波長〔m〕	10	10	20	20	10	10	20	20
速さ〔m/s〕	50	100	50	100	50	100	50	100

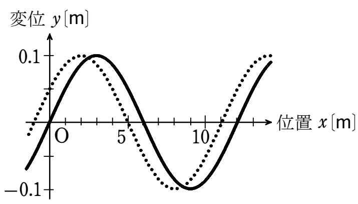
(2)　次の文章中の空欄 [ア]・[イ] に入れる記号の組合せとして最も適当なものを，下の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。[2]

図の状態から時間が経過し，x 軸上 a の位置に波の山がきた。このとき，b から i のうち，山がある位置は [ア] であり，谷がある位置は [イ] である。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	b	b	g	g	h	h	i	i
イ	d	f	c	e	d	f	c	e

6 [2015 センター物理基礎（2015～　　）]

x 軸にそって伝わる正弦波を考える。図の実線は時刻 0 s における波形を表し，破線は時刻 0.2 s における波形を表している。ただし，時刻 0 s から 0.2 s の間，位置 $x=0$ m での媒質の変位 y は単調に増加した。



(1)　この波の速度として最も適当なものを，次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。ただし，x 軸の正の向きを速度の正の向きとする。[1] m/s

① −60　② −5　③ −0.25

④ 60　⑤ 5　⑥ 0.25

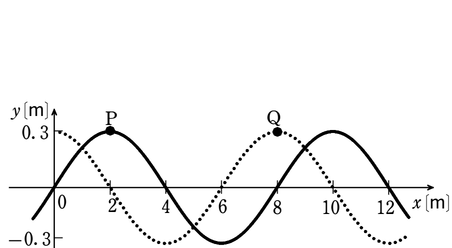
(2)　この波の周期として最も適当なものを，次の ①～⑥ のうちから 1 つ選べ。[2] s

① 0.2　② 0.4　③ 1.2

④ 2.4　⑤ 6　⑥ 12

7 [1997 福井工業大]

ある正弦波の時刻 $t=0$ (s) のときの波形が，図の実線で示されている。時刻 $t=0.1$ (s) のとき，波の山 P が Q まで進み，破線の波形になった。次の問いに答えよ。ただし，x〔m〕についての設問は，$0<x<12$ の範囲とする。



(1)　この波の (a) 振幅，(b) 波長，(c) 伝わる速さ，(d) 振動数を求めよ。

(2)　図の実線で，媒質の振動が (a) 速さが 0 になる，(b) 速さが上向き最大になる x はそれぞれいくらか。

(3)　もし図の実線が，縦波の変位を表しているとすると (x の正の変位を y の正方向の変位として表す)，最も密な部分の x はどこか。

(4)　この波の変位 y〔m〕を，座標 x〔m〕の点の時刻 t〔s〕の関数として表せ。

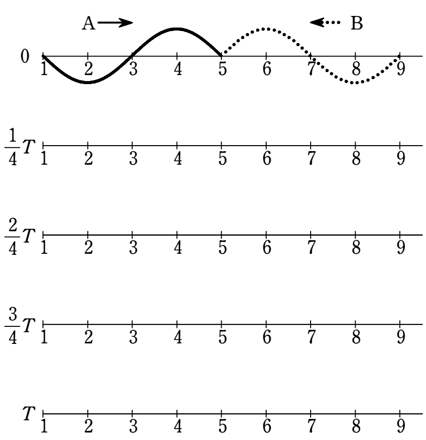
 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

8

直線上を右へ進む波 A と，左へ進む波 B がある。A，B ともに振幅，波長および振動数の等しい正弦波で，$t=0$ で 2 つの波の先端がであった状態になっている。

(1) 周期を T とするとき，
$t=\frac{1}{4}T$，$\frac{2}{4}T$，$\frac{3}{4}T$，T における A，B の波を A は実線，B は破線で図示し，A，B の合成波を太実線で図示せよ。

(2) 時間が経過すると合成波は定常波になる。1～9 の間で節の位置，腹の位置を番号で示せ。

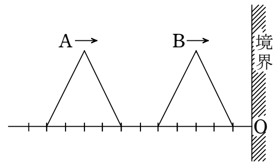


9

右の図のように 2 つの同じパルス波 (単独の波) A，B が境界に向かって進んでいる。横軸の 1 目盛りは 0.1 m を示し，波の速さはともに 0.5 m/s である。

(1) 境界で媒質が固定されているものとして，1 秒後および 1.2 秒後の入射波，反射波および観察される波の波形を図に描け。

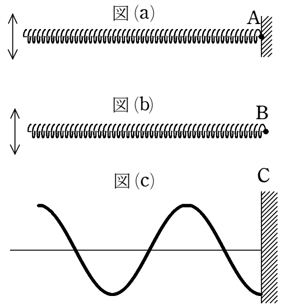
(2) 境界で媒質が自由に動けるものとして，1.2 秒後の入射波，反射波および観察される波の波形を図に描け。



10

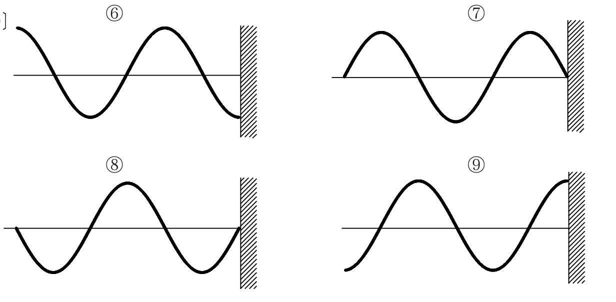
次の文中の □ に入るのに適するものを，下の語群や図から選べ。

ひもやばねを図 (a) のように，壁に固定させた点 (A 点) を ア という。一方，図 (b) のように，なめらかに動けるようにした点 (B 点) を イ という。A 点で波が反射する場合は，変位が逆転して反射され，これを位相が π (半波長分) だけずれるという。このことを具体的に表現すると， ウ といえる。一方，B 点で波が反射する場合は，変位がそのままで反射される。これを具体的に表現すると， エ といえる。つまり，図 (c) のような波形の波が入射した場合，C が (ア) ならその反射波は図 (d) の オ のようになり，C が (イ) ならば図 (d) の カ のようになる。



［語群］ ① 自由端　② 固定端　③ 山で入射した波が，山で反射する。
④ 山で入射した波が，変位 0 で反射する。
⑤ 山で入射した波が，谷で反射する。

［図 (d)］



11 ［2017 センター物理基礎（2015～　　）］

パルス波について考える。以下の図の 1 目盛りの示す大きさはすべて等しいものとする。

(1) 図 1 のように，横波のパルス波が x 軸の正の向きに進行している。この波は $x=0$ で反射した後，x 軸の負の向きに進行する。$x=0$ の点が自由端の場合と固定端の場合のそれぞれについて，反射した後の波形を表す図 2 の記号 (a)～(d) の組合せとして最も適当なものを，下の ⓪～⑧ のうちから 1 つ選べ。 1

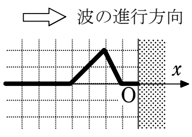


図 1

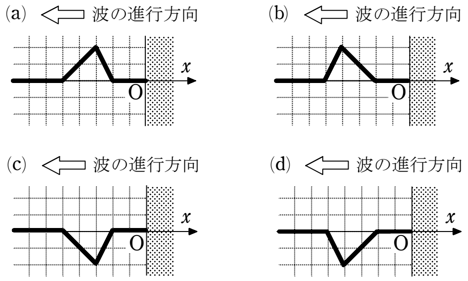


図 2

	⓪	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
自由端	(a)	(a)	(b)	(b)	(c)	(c)	(d)	(d)
固定端	(c)	(d)	(c)	(d)	(a)	(b)	(a)	(b)

(2) 図 3 (a) のように，2 つのパルス波が逆向きに x 軸上を進んでいる。どちらの波も 1 秒間に 1 目盛りずつ進行する。図 3 (b) は，図 3 (a) から 1 秒経過した後の波のようすを示している。

図 3 (a) から 2 秒後，図 3 (a) から 4 秒後の波形を表す図 4 の記号 (c)～(h) の組合せとして最も適当なものを，下の ⓪～⑨ のうちから 1 つ選べ。 2

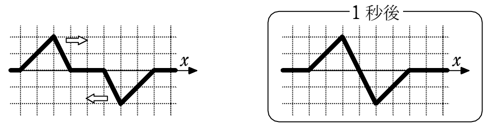


図 3

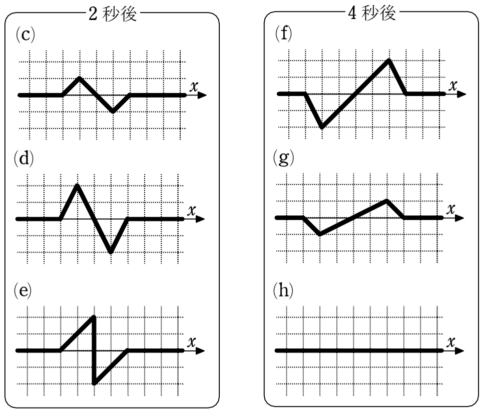
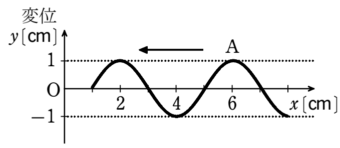


図 4

	⓪	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
2 秒後	(c)	(c)	(c)	(d)	(d)	(d)	(e)	(e)	(e)
4 秒後	(f)	(g)	(h)	(f)	(g)	(h)	(f)	(g)	(h)

12 ［2017 岡山理科大］

図のように，ある媒質中を x 軸の負の向きに進む正弦波が，原点を固定端として反射したとする。図は，時刻 $t=0$ s のときの入射波を表している。入射波における A の山は 0.60 s 後に $x=3.0$ cm の位置まで進むとする。次の問いに答えよ。



(1) この入射波の振幅，波長，速さ，振動数および周期を求めよ。

(2) $t=0.40$ s の入射波を y-x 図にかけ。

(3) 入射波と反射波が干渉して定常波が生じた。

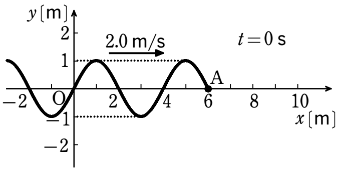
(a) $x=1.0$ cm にある媒質の変位の時間による変化を y-t 図にかけ。

(b) 固定端と $x=4.0$ cm の間にできる節と腹の位置 (x 座標) をすべて求めよ。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

13 [2012 金沢工業大]

速さ 2.0 m/s で，x 軸の正の向きに進む波長 4.0 m，振幅 1.0 m の正弦波が，$x=6.0$ m の点 A で反射される。時刻 $t=0$ s での入射波を図に示す。



点 A が自由端と固定端の 2 つの場合に，入射波と反射波によって生じる合成波，定常波について考える。

点 A が自由端の場合，

(1) $t=0.50$ s のとき，点 A での合成波の変位は ア m である。

(2) $t=0.50$ s のとき，合成波の変位が 0 m になる位置のうちで，点 A に最も近い位置は $x=$ イ m である。

(3) 反射波が $0\,\text{m} \leqq x \leqq 6.0$ m の範囲に存在しているとき，この範囲での定常波の節の数は ウ 個である。

点 A が固定端の場合，

(4) $t=1.0$ s のとき，$x<6.0$ m の範囲で，合成波の変位が 0 m になる位置のうちで，点 A に最も近い位置は $x=$ エ mである。

(5) 反射波が $0\,\text{m} \leqq x \leqq 6.0$ m の範囲に存在しているとき，この範囲での定常波の節の数は オ 個である。

14 [2002 センター物理ＩＢ(1997〜2005)]

図 1 のように，なめらかな水平面上につりあいの状態で長いばねを置き，長さ方向に x 軸をとり，ばねの各点の位置を x 座標で表した。このとき，ばね上の点 A，B，C はそれぞれ $x=0$，l，$2l$ の位置にあった。次に，ばねの一端を長さ方向に一定の振動数で振動させて，波長 l の疎密波 (縦波) をつくった。

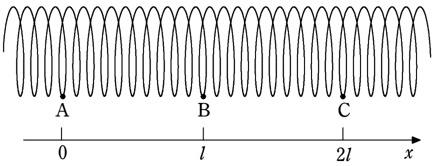


図 1

(1) ある時刻のばねの状態を，ばねの各点の変位を y としてグラフに表そう。ただし，x 軸の正の向きへの変位を y 軸の正の値とし，x 軸の負の向きへの変位を y 軸の負の値とする。図 2 のような疎密波ができた状態を表すグラフとして最も適当なものを，下の ①〜④ のうちから 1 つ選べ。ただし，点 A，B，C の位置は動かなかった。
1

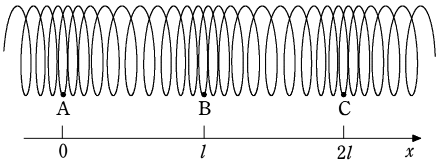
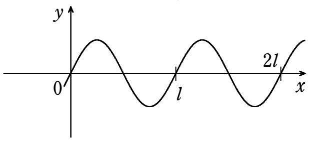
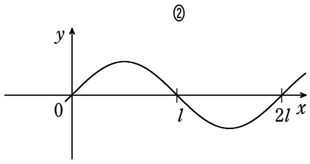


図 2

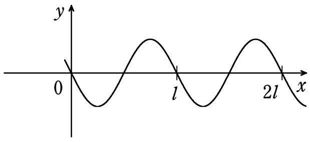
①



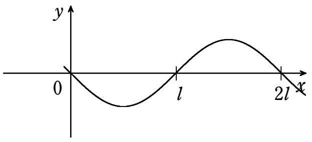
②



③



④



(2) 次に，振動させているばねの端とは反対側の端を固定したところ，定常波が観測された。このとき，固定端からどれだけの距離のところで，ばねの疎密の変化は最大になるか。最も適当なものを，次の ①〜④ のうちから 1 つ選べ。 2

① 固定端からの距離が，$\dfrac{l}{2}$，$\dfrac{3l}{2}$，$\dfrac{5l}{2}$，．．．となるところ

② 固定端からの距離が，$\dfrac{l}{4}$，$\dfrac{3l}{4}$，$\dfrac{5l}{4}$，．．．となるところ

③ 固定端からの距離が，0，l，$2l$，$3l$，．．．となるところ

④ 固定端からの距離が，0，$\dfrac{l}{2}$，l，$\dfrac{3l}{2}$，．．．となるところ

15 [2013 関西学院大]

図のように水平に張ったひも PQ の一端 Q を固定し，他端 P を上下に単振動させると，その振動は正弦波の横波として P から Q の方向に伝わり始めた。点 P の変位は時刻 t の関数として $A\sin(20\pi t)$ である。A は単振動の振幅で，ひもの長さに比べて小さな正の値とし，時刻 t の単位を s，位置 x の単位を m とする。横波の伝わる速さが 4 m/s のとき，次の問いに答えよ。文章中の空欄 ア 〜 ク に当てはまる適切な式を求めよ。

(1) 点 P の単振動を $t=0$ に開始させたとして，0.1 秒後の波形をかけ。ただしひもの長さ方向を x 軸とし，ひもの変位を y 軸にとって表せ。点 P の変位が 0 のとき点 P は x 軸上の原点 O にあり，点 Q は $x=1.2$ の位置とする。

(2) 数式を用いて (1) の波形を導いてみよう。$0 \leqq t \leqq 0.3$ の場合，位置 x における時刻 t でのひもの変位 y は，時刻 t より ア 秒前の点 P の変位が，同じ大きさのまま速さ 4 m/s でひもを伝わってきたものである。したがって，$y=$ イ となる。ただし，$4t<x \leqq 1.2$ では，$y=$ ウ である。$y=$ イ において，$t=0.1$ を代入した関数は (1) の波形を表している。

(3) $t=0.5$ における波形をかけ。

(4) $0.3<t<0.6$ においては，点 Q まで伝わった波がそこで反射する。反射波を表す数式を導いてみよう。時刻 t における点 Q への入射波の変位は エ であるが，点 Q での変位は常に 0 であるため，いつもこれを打ち消すような反射波が発生し，速さ 4 m/s で点 P の方向に伝わる。したがって，時刻 t，位置 x における反射波の変位は，時刻 t より オ 秒前の点 Q への入射波の変位を求め，その符号を反転したものに等しい。時刻 t，位置 x における反射波の変位を y_2 とすると，反射波が到達している x 座標の範囲内 $(2.4-4t \leqq x \leqq 1.2)$ で，$y_2=$ カ と表すことができる。

(5) $0.3<t<0.6$ の場合，時刻 t，位置 x における入射波の変位を y_1 とし，反射波が到達している x 座標の範囲内で，入射波 y_1 と反射波 y_2 を合成したものを，t だけの関数と x だけの関数の積の形で表すと，$y_1+y_2=-2A\cdot$ キ $\cdot$ ク となる。ただし，キ は t だけの関数，ク は x だけの関数とする。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

16［2011 佐賀大］

x の負の向きに速さ v で進む振幅 A，波長 λ の正弦波を考える。図1は，ある時刻での正弦波の形を示したもので，媒質の変位 y は次の式で表される。

$$y=-A\sin kx$$

ここで，k は正の定数である。以下の文中の空欄を埋めよ。

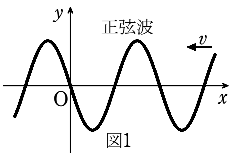


図1

(1)　この波は位置 $x=\dfrac{\pi}{2k}$ で谷となるが，この谷から λ の長さだけ移動した位置で再び谷になる。このことから k を λ で表すと

$k=$［ア］

となる。

(2)　この時刻から時間が $\dfrac{1}{2}$ 周期だけ経過したときの波を，k を用いて式で表すと

$y=$［イ］

となる。

この正弦波が $x=0$ で固定端反射をする場合を考える。反射波は入射波と振幅の等しい正弦波として x の正の向きに進んでいる。図2は時刻 t_1 での入射波のみの形を示したもので，$x\geqq 0$ の領域で

$$y=-A\sin kx$$

と表される。

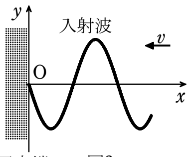


図2

(3)　時刻 t_1 での反射波を k を用いて式で表すと

$y=$［ウ］

となる。

(4)　入射波と反射波が重なりあって定常波ができている。

時刻 t_1 での，位置 $x=\dfrac{\lambda}{4}$ における定常波の変位は，［エ］である。

(5)　この時刻 t_1 から $\dfrac{1}{4}$ 周期だけ経過したときの，位置 $x=\dfrac{\lambda}{4}$ における定常波の変位は，［オ］である。

17［2001 愛媛大］

時刻 t〔s〕で位置 x〔m〕における変位 y〔m〕が次の式で表される正弦波がある。

$$y=A\sin 2\pi\left(ft-\frac{x}{\lambda}\right)$$

ここで，A〔m〕，f〔Hz〕，λ〔m〕はそれぞれ波の振幅，振動数，波長である。時刻 t_1〔s〕での位置 x_1〔m〕と時刻 t_2〔s〕での位置 x_2〔m〕における位相が等しいとしたとき，波の速さ v〔m/s〕が求められる。

(1)　f，λ と t_1，x_1，t_2，x_2 の関係を式で表せ。

(2)　v を f と λ を用いて表せ。

(3)　波の速さが一定のとき，振動数が $\dfrac{1}{2}$ 倍になると波長は何倍になるか。

(4)　$A=0.10$ m，$f=7.0$ Hz，$v=3.5$ m/s の波がある。

(a)　$t=0$s のときの x〔m〕に対する y〔m〕のグラフの概略を図1に示せ。

(b)　$t=\dfrac{1}{28}$s のときのグラフを図2から選び，記号で答えよ。

(c)　この波の波長はいくらか。

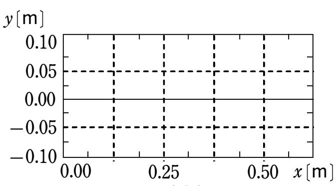


図1

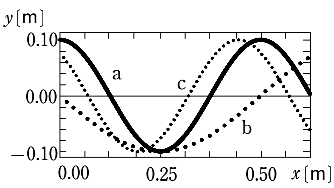


図2

異なる振動数 f_1〔Hz〕と f_2〔Hz〕の2つの正弦波が x 軸の正の向きに同じ速さ v〔m/s〕で進んでいる。ここで，これらの波は同じ振幅 A〔m〕をもつとする。

(5)　この2つの正弦波を重ねあわせた波の変位を正弦関数と余弦関数の積で表せ。

参考：$\sin\theta_1+\sin\theta_2=2\sin\left(\dfrac{\theta_1+\theta_2}{2}\right)\cdot\cos\left(\dfrac{\theta_1-\theta_2}{2}\right)$

(6)　次の文を完成するために下記の選択肢から適当な語句を選び，記号で答えよ。

位置 $x=0$ m で考えると，f_1 と f_2 の値が近いとき，(5)で求めた式から重ねあわせた波の余弦関数の項は［a］振動し，正弦関数の項は［b］振動することがわかる。したがって，この重ねあわせた波は振幅がゆっくりと周期的に変化しているとみなすことができる。この現象は［c］とよばれていて，その［c］の回数は毎秒［d］である。

〔選択肢〕

（ア）　ゆっくり　（イ）　はやく　（ウ）　同じはやさで　（エ）　振幅　（オ）　振動数

（カ）　波長　（キ）　定常波　（ク）　うなり　（ケ）　回折　（コ）　屈折　（サ）　$|f_1-f_2|$

（シ）　$|f_1+f_2|$

18

300 Hz の音と 303 Hz の音を同時に聞くと，1秒間に何回の割合でうなりが聞こえるか。

19

1本の弦を強く張り，それと振動数が 450 Hz のおんさを同時に鳴らしたら，うなりが 10 秒間に 20 回聞こえた。弦をさらに強く張って同じことを行ってもその回数は変わらなかった。

(1)　弦の，最初の振動数は何 Hz か。

(2)　弦の，後の振動数は何 Hz か。

20［2004 センター物理ⅠA（1997～2006）］

3つのおんさA，B，Cがある。Aの振動数は 440 Hz，Bの振動数は 443 Hz である。AとBを同時に鳴らすと周期的に音が強くなったり弱くなったりするのが聞こえた。この現象を［1］という。AとCを同時に鳴らしたときにも，BとCを同時に鳴らしたときにもこの現象が起きた。AとCを鳴らしたときには1秒間に2回の割合で音が強く聞こえ，BとCを鳴らしたときには1秒間に1回の割合で音が強く聞こえた。

(1)　上の文章中の空欄［1］に入れる語として最も適当なものを，次の ①～④ のうちから1つ選べ。

①　回折　　②　屈折　　③　共鳴　　④　うなり

(2)　おんさAとBを同時に鳴らしたときには，音が強く聞こえるのは1秒間に何回の割合か。最も適当なものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。［2］回

①　0.5　②　1　③　1.5　④　2　⑤　2.5　⑥　3

(3)　おんさCの振動数はいくらか。最も適当なものを，次の ①～⑧ のうちから1つ選べ。［3］Hz

①　438　②　439　③　440　④　441

⑤　442　⑥　443　⑦　444　⑧　445

21

弦楽器のギターは太さの異なる6本の弦が張ってある。

(1)　弦の，単位長さ当たりの質量を何というか。

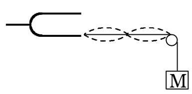
(2)　太い弦と細い弦では基本振動数はどう違うか。

(3)　調律するときは弦の何を変えて調律するか。

(4)　(3)で変えたものを変えずに，同じ弦で音程を変えるには弦の何を変えればよいか。

22

おんさに図のように糸をつけ，滑車にかけておもりMをつるした。おんさから滑車までの糸の長さを 0.50 m，おもりの質量を 0.10 kg にしておんさを振動させたら，腹の数が2個の定常波ができた。



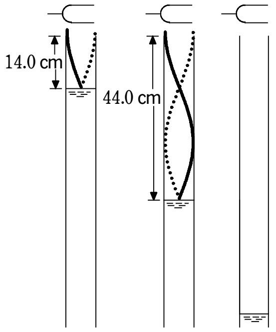
(1)　腹の数が1個の定常波になるようにするには，おもりの質量をいくらにすればよいか。

(2)　糸の線密度が 2.0×10^{-4} kg/m であるとき，おんさの振動数はいくらか。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

$\boxed{23}$

図のように，ガラス管中の水面を上下させて気柱の共鳴実験をした。おんさをたたいて管口に近づけ，水面を下げていったところ，水面が管口から 14.0 cm のとき第 1 回目の共鳴 (図 (A)) が起こり，44.0 cm のとき第 2 回目の共鳴 (図 (B)) が起こった。音の速さを 340 m/s とする。



(A)　(B)　(C)

(1)　第 3 回目の共鳴が起こったときの振動のようすを，図 (A)，(B) にならって図 (C) にかきこめ。

(2)　第 3 回目 (図 (C)) の共鳴が起こったときの管口から水面までの距離を求めよ。

(3)　共鳴音の波長は何 cm か。

(4)　用いたおんさの振動数は何 Hz か。

$\boxed{24}$

両端が開いた管を使って気柱の共鳴実験をしたところ，ある振動数の音で共鳴した。そのとき定常波の節は 4 か所にあり，節と節の間隔が 17 cm であった。音の速さを 340 m/s として次の各問いに答えよ。

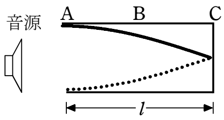
(1)　共鳴した音波の波長は何 cm か。

(2)　共鳴した音波の振動数は何 Hz か。

(3)　この気柱の基本振動数は何 Hz か。

$\boxed{25}$

図で閉管の近くに，振動数の変えられる音源を置いてある。音の速さは 340 m/s，管口と定常波の腹は一致するものとする。



低い振動数からだんだん振動数を増していったら，120 Hz ではじめて共鳴した。

(1)　図がこの状態であるとして，管内で空気の動きが最も激しい点は A，B，C のうちのどの点か。

(2)　図の管内で，空気の密度変化の最も大きい点は A，B，C のうちのどの点か。

(3)　振動数をだんだん増していったときに，2 番目に共鳴する振動数と，閉管の長さ l を求めよ。

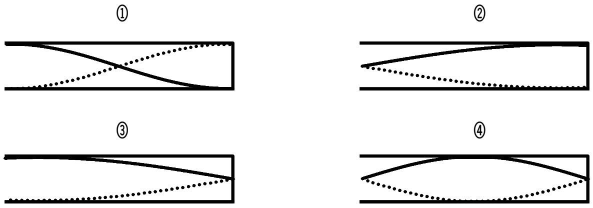
$\boxed{26}$ [2005 センター物理ＩＡ (1997～2006)]

直径が等しい管が 2 本ある。一方の管は片側が閉じてあり (閉管)，もう一方の管は両側とも開いている (開管)。両方の管の開口部にスピーカーを近づけて置いた。発振器をスピーカーにつなぎ，スピーカーからの音の振動数を 0 から徐々に上げていくと，ある振動数で同時に $\boxed{\ 1\ }$ が起こり，両方の管から大きな音が聞こえた。

(1)　上の文章中の空欄 $\boxed{\ 1\ }$ に入れる語として最も適当なものを，次の ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。

①　膨張　②　回折　③　干渉　④　横波　⑤　共鳴

(2)　大きな音が聞こえたときの閉管の中の空気振動はどのようであったか。このようすを表す図として最も適当なものを，次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。ただし，図中の曲線は縦波である空気振動を横波の形で表したものである。$\boxed{\ 2\ }$



(3)　閉管と開管の長さの関係を述べた文として正しいものを，次の ①～⑤ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{\ 3\ }$

①　両方の管の長さはほぼ等しい。

②　閉管は開管のほぼ 2 倍である。

③　閉管は開管のほぼ $\dfrac{1}{2}$ 倍である。

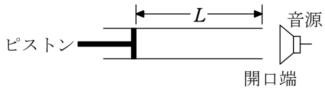
④　閉管は開管のほぼ 3 倍である。

⑤　閉管は開管のほぼ $\dfrac{1}{3}$ 倍である。

$\boxed{27}$ [2017 秋田大]

次の文章中の $\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$，$\boxed{\text{オ}}$，$\boxed{\text{カ}}$ を数式で，$\boxed{\text{ウ}}$，$\boxed{\text{エ}}$ を語句で，$\boxed{\text{キ}}$～$\boxed{\text{ケ}}$ を数値で答えよ。

図のように，左側に可動式のピストンをはめこんだ円筒管がある。その右側の開口端付近に音源を置き，そこから音量が一定の音波を放出する。開口端からピストンの壁までの距離 L[m] はピストンを動かすことにより変えることができる。管内の音の速さは V[m/s] とする。



(1)　音源が発する音波の振動数を f_0[Hz] とすると，音波の周期は $\boxed{\text{ア}}$[s]，音波の波長は $\boxed{\text{イ}}$[m] である。

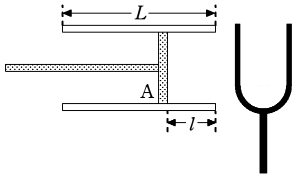
(2)　ここで，開口端補正がないものとする場合を考える。音源が発する音波の振動数を一定にして，開口端に置いたピストンを開口端から遠ざけていくと，$L=L_0$[m] のときに，最初の共鳴が起きた。この状態を状態 A とする。状態 A において開口端は定常波の $\boxed{\text{ウ}}$ となっており，ピストンの壁は定常波の $\boxed{\text{エ}}$ となっている。

ピストンを状態 A の位置で固定したまま，音源が発する音波の振動数を大きくしていくと，何回かの共鳴が起きた。状態 A を 1 回目として，n 回目の共鳴が起きたときの音波の波長は，n，L_0 を用いて $\lambda_n=\boxed{\text{オ}}$[m]，振動数は，$n$，$L_0$，$V$ を用いて $f_n=\boxed{\text{カ}}$[Hz] と表される。

(3)　次に，開口端補正が無視できない場合を考える。音源が発する音波の振動数を一定にして，ピストンを開口端 ($L=0.0$ cm) から徐々に遠ざけたところ，$L=5.0$ cm のときに 1 回目の共鳴が，$L=18.0$ cm のときに 2 回目の共鳴が起きた。このことより，音波の波長は $\boxed{\text{キ}}$ cm であり，開口端補正は $\boxed{\text{ク}}$ cm であることがわかる。3 回目の共鳴が起きるのは $L=\boxed{\text{ケ}}$ cm のときである。

$\boxed{28}$ [2015 京都工芸繊維大]

図に示すように，両端の開いた長さ L のガラス管を水平に固定し，その左端から棒のついた円板 A を差しこみ，水平方向に自由に動かせるようにする。右側の管口近くで，ある振動数のおんさをハンマーでたたいて振動させる。以下では，このガラス管の気柱の共鳴を考える。空気中の音の伝わる速さを V として，次の問いに答えよ。ただし，開口端補正はないものとする。



(1)　円板 A を右側の管口付近から水平左向きにゆっくりと動かすと，円板 A の位置が管口右端から距離 $l\,(<L)$ の地点で 1 回目の共鳴が起こった。おんさの振動数を l と V の中から必要なものを用いて表せ。

(2)　円板 A を距離 l の地点からさらに水平左向きに動かしたとき，距離 $l'\,(<L)$ の地点で 2 回目の共鳴が起こった。l' を l と V の中から必要なものを用いて表せ。

(3)　2 回目の共鳴が起こったとき，このガラス管の中で空気の密度変化が最大となっているすべての位置の管口右端からの距離を，l と l' と V の中から必要なものを用いて答えよ。

(4)　円板 A を右側の管口付近にもどす。次に，おんさをハンマーでたたいたのち一定の速さ v でおんさを右側の管口付近から水平右向きに遠ざけながら，円板 A を水平左向きにゆっくり動かして共鳴する地点をさがした。1 回目の共鳴が起こるときの円板 A の管口右端からの距離を，l と V と v の中から必要なものを用いて表せ。

次に，円板Aを取り除いた。

(5)　この状態におけるガラス管の気柱の固有振動数を，低いほうから 2 つ，L と V の中から必要なものを用いて表せ。

(6)　このガラス管を長さの異なる 2 本に切断する。切断した 2 本のガラス管を，振動数を調節できる音源の前に管口をそろえて置く。そして，2 本のガラス管を同時に共鳴させることを考える。このとき，最も低い振動数で共鳴させるには，ガラス管をどのような長さに切断すればよいか。切断後の 2 本のガラス管の長さを，L と V の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

(7)　(6) における固有振動数を，L と V の中から必要なものを用いて表せ。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

29［2017 関西学院大］

風が吹いていない状態で，ある音源から常に一定の振動数 f の音波が発せられている。音源と観測者が静止している場合の音の速さは V であった。以下では音源と観測者はどちらが動く場合も，両者は常に同じ直線上にあるとする。また，音波の１波長分を１個の波と数える。次の問いに答えよ。

(1) 音源と観測者が静止しており，音源と観測者の距離は L であった。この距離 L の間に波は何個入っているか。

観測者は静止しており，音源が観測者に向かって速さ v_0 で動く場合を考える。ただし，$v_0<V$ とする。

(2) 観測者に対する音の速さはいくらか。

(3) 時刻０において音源と観測者の距離は L であった。時刻０において音源の位置にあった音波の波面が観測者に到達した時刻には，音源と観測者の距離はいくらになっているか。また，このとき，音源と観測者の間には何個の波が入っているか。

(4) 観測者が聞く音波の波長と，振動数はいくらか。

次に，音源は静止しており，観測者が速さ u で音源に向かって進む場合を考える。ただし，$u<V$ とする。

(5) 時刻０において音源と観測者の距離は L であった。時刻０において観測者の位置にあった音波の波面は，観測者が音源に到達した時刻には，音源からいくらの距離にまで達しているか。

(6) 観測者は時刻０から音源に到達するまでの間に，何個の波を受け取るか。

(7) 観測者が聞く音波の振動数はいくらか。

30［2016 センター物理（2015～　　）］

図１のように，発振器につながれた２つのスピーカー A および B を，十分離して向かい合わせに置き，振動数 f_0 の音を発生させた。音の速さを V とし，風は吹いていないものとする。

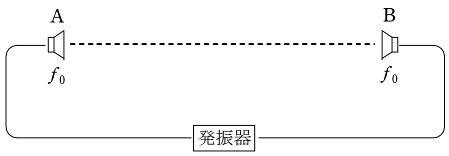


図１

(1) スピーカー A，B の間で，図１の破線にそって音の干渉を観測したところ，音が最も強めあう点が等間隔 L で存在した。L を表す式として正しいものを，次の ①～⑤ のうちから１つ選べ。$L=$ $\boxed{1}$

① $\dfrac{V}{3f_0}$　② $\dfrac{V}{2f_0}$　③ $\dfrac{V}{f_0}$　④ $\dfrac{2V}{f_0}$　⑤ $\dfrac{3V}{f_0}$

(2) 次の文章中の空欄 $\boxed{ア}$・$\boxed{イ}$ に入れる式の組合せとして正しいものを，下の ①～⑧ のうちから１つ選べ。$\boxed{2}$

図２のように，観測者がスピーカー B から A に向かって破線上を一定の速さ v ($v<V$) で動いたところ，観測者が A と B から受ける音の振動数がそれぞれ f_0 から変化し，観測者にはうなりが聞こえた。このとき，観測者が A から受けた音の振動数は $\boxed{ア}$ である。また，単位時間当たりのうなりの回数は $\boxed{イ}$ である。このうなりは，音が強めあう場所と弱めあう場所を，交互に観測者が通過することにより聞こえると考えることもできる。

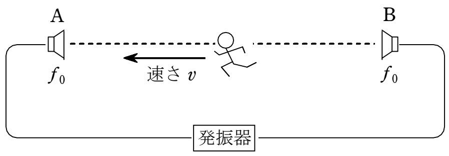
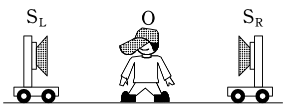


図２

	ア	イ
①	$\dfrac{V}{V-v}f_0$	$\dfrac{2v}{V-v}f_0$
②	$\dfrac{V}{V-v}f_0$	$\dfrac{v}{V-v}f_0$
③	$\dfrac{V}{V+v}f_0$	$\dfrac{2v}{V+v}f_0$
④	$\dfrac{V}{V+v}f_0$	$\dfrac{v}{V+v}f_0$
⑤	$\dfrac{V-v}{V}f_0$	$\dfrac{2v}{V}f_0$
⑥	$\dfrac{V-v}{V}f_0$	$\dfrac{v}{V}f_0$
⑦	$\dfrac{V+v}{V}f_0$	$\dfrac{2v}{V}f_0$
⑧	$\dfrac{V+v}{V}f_0$	$\dfrac{v}{V}f_0$

31［2009 大阪市立大］



図のように，音源 S_L，観測者 O，音源 S_R が，一直線上に並んでいる。音源はその直線上を移動できるものとする。音源 S_L は振動数 f_L〔Hz〕の音を，音源 S_R は振動数 f_R〔Hz〕の音を出すことができる。f_R は f_L より少しだけ大きい。次の問いに答えよ。

ただし，音の速さを V〔m/s〕とし，観測者 O はつねに静止しているものとする。また，風はなく，音の速さは一定であるとする。

(1) 音源 S_R だけが音を出し，音の速さより十分小さい一定の速さ v〔m/s〕で，観測者 O に近づいている場合を考える。時刻 t〔s〕に音源 S_R から出た音が，観測者 O に到達したのは時刻 T〔s〕だった。また時刻 t から $\dfrac{1}{f_R}$〔s〕後に音源 S_R から出た音が，観測者 O に到達したのは，時刻 $(T+\varDelta T)$〔s〕だった。

(a) $\varDelta T$ を求めよ。

(b) 観測者 O の聞く音の振動数 f_R'〔Hz〕と $\varDelta T$ の関係を示せ。

(c) f_R' を，f_R，V，v を用いて表せ。

(2) 音源 S_R と音源 S_L が音を出しながら，同じ速さ v〔m/s〕で観測者 O に近づいている場合を考える。このとき，観測者 O はうなりを聞いた。１秒間に起きるうなりの回数 N を求めよ。

(3) 次に，音源 S_L の観測者 O に対する速さだけを，v から u〔m/s〕に変えたところ，観測者 O はうなりのない単一の振動数の音を聞いた。u を求めよ。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

32 ［2008 センター物理Ⅰ（2006～2015）］

Pさんの家と消防署は，図1のように一直線の道路に沿って建っている。救急車がサイレンを鳴らしながら消防署を出発し，一定の速度で走行した後に停車する。サイレンは一定の振動数 f_0 の音を出すとして，Pさんが家で聞く救急車のサイレンの音の振動数について考える。ただし，消防署とPさんの家で区切られる道路の3つの領域を，それぞれ図1のようにA，B，Cとする。

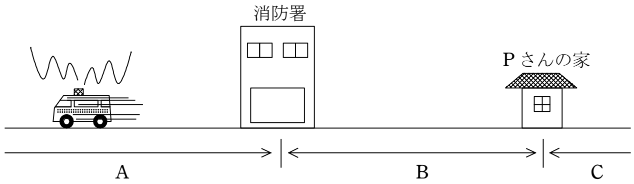
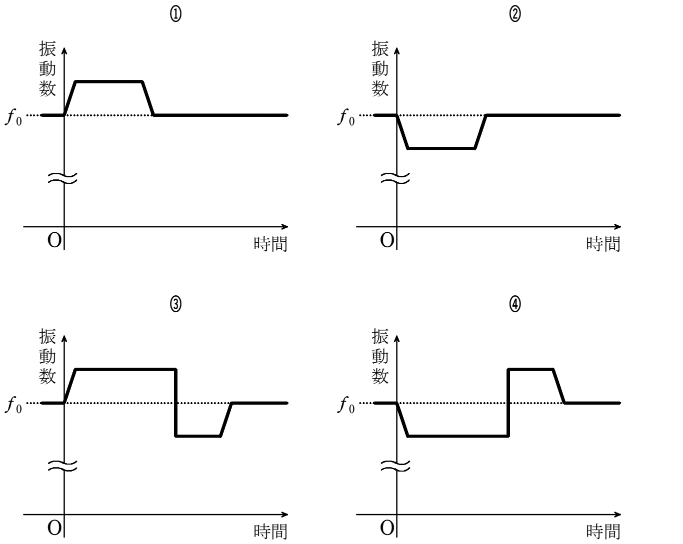


図1

(1) 救急車が消防署を出発して，領域Aに停車した。このとき，Pさんの聞く音の振動数は時間とともにどのように変化するか。また領域Cに停車した場合はどうか。それぞれ最も適当なグラフを，次の ①～④ のうちから1つ選べ。

領域A $\boxed{1}$

領域C $\boxed{2}$



(2) 救急車は消防署を出発し，一定の速度で時間 T_0 の間走行した後停車した。このときPさんが聞いたサイレンの音の振動数は図2のように時間変化した。図2において，振動数 f_1 の音が聞こえていた時間 T_1 は時間 T_0 の何倍になるか。最も適当なものを，下の ①～⑤ のうちから1つ選べ。$\boxed{3}$ 倍

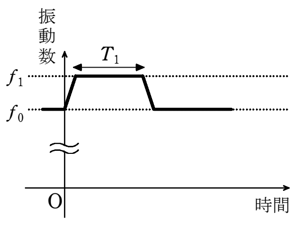


図2

① 1　② $\dfrac{f_1}{f_1-f_0}$　③ $\dfrac{f_1-f_0}{f_1}$　④ $\dfrac{f_0}{f_1}$　⑤ $\dfrac{f_1}{f_0}$

33 ［1998 川崎医療福祉大］

振動数 f の音源があり，これと相対運動する観測者が聞く音がどうなるか，について考える。以下の記述において，音源および観測者は，それらの運動をも含めて，つねに1つの直線上にあるとする。また，媒質によって定まる音波の速さを V とする。

ア～スに入る答えを後の選択肢より選べ。

(1) まず，音源が媒質に対して静止している場合の音波の波長 λ，および運動している場合の波長 λ' を求めておく。

音源が静止している場合には，音源の1周期 T の間には音波の波面は VT だけ進むから，明らかに

$$\lambda = VT = \frac{V}{f}$$

である。一方，音源が速さ u_S で直線運動する場合には，音源を発した波面は1周期の間に $\boxed{ア}$ だけ進んでいるが，その間に音源自体が u_ST だけ進んでいるので，このときの音波の波長 λ' は，音源の前方では

$$\lambda' = \boxed{イ} = (\boxed{ウ})\lambda$$

また，音源の後方では

$$\lambda' = \boxed{エ} = (\boxed{オ})\lambda$$

のようになる。

以下，音源からの音を観測者が聞く話に移る。

(2) 静止した観測者が聞く音

速さ u_S で運動する音源の前方（または後方）にいる観測者が聞く音の振動数 f_1 は，波長が λ から λ' に変わっているために

$f_1 = (\boxed{カ})f$　（前方の観測者の場合）

$\quad = (\boxed{キ})f$　（後方の観測者の場合）

のようになり，音は高くまたは低く聞こえる。

(3) 運動する観測者が聞く音

まず，静止した音源の音を，速さ u_O で音源を背にする向きに運動する観測者が聞く場合を考える。いま，時刻 $t=0$ に地点 P_O において波の山（音波を横波で表現したときの山の点）が観測者を通過したとして，観測者を次の山が通過する時刻 $t=T'$ を求める。$t=0$ から $t=T'$ の間に波の山は P_O から VT' だけ進み，一方，この間に観測者が P_O から u_OT' だけ進んだときその地点に次の山が到達するから

$$\boxed{ク} = \boxed{ケ} + \lambda$$

の関係が成りたつ。これから観測者が聞く音の振動周期 T' が

$$T' = (\boxed{コ})T$$

のように求められ，結局，観測者が聞く音の振動数 f_2 は

$$f_2 = (\boxed{サ})f$$

で表される。同様にして音源に近づく向きに運動する観測者の場合には

$$f_2 = (\boxed{シ})f$$

となる。

次に，速さ u_S で運動する音源の前方で，音源を背にする向きに速さ u_O で運動する観測者が聞く音の振動数 f_3 は，上の議論において λ を λ' でおきかえることにより

$$f_3 = (\boxed{ス})f$$

となる。なお，この式は，観測者から音源への向きのとき u_S，u_O の符号を負とすれば，観測者と音源の位置関係やそれらの運動の向きによらず，一般的に成立する。

［ア，イ，エの選択肢］

① u_ST　② $(V-u_S)T$　③ VT　④ $(V+u_S)T$

［ウ，オ～キの選択肢］

① $\dfrac{V-u_S}{V}$　② $\dfrac{V}{V-u_S}$　③ $\dfrac{V+u_S}{V}$　④ $\dfrac{V}{V+u_S}$

［ク，ケの選択肢］

① u_OT　② u_OT'　③ $(V-u_O)T$　④ VT　⑤ VT'

［コ～シの選択肢］

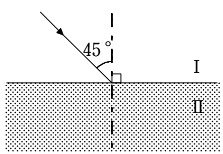
① $\dfrac{V-u_O}{V}$　② $\dfrac{V}{V-u_O}$　③ $\dfrac{V+u_O}{V}$　④ $\dfrac{V}{V+u_O}$

［スの選択肢］

① $\dfrac{V-u_O}{V-u_S}$　② $\dfrac{V-u_S}{V-u_O}$　③ $\dfrac{V+u_O}{V+u_S}$　④ $\dfrac{V+u_S}{V+u_O}$

34

水槽内にできる水面波の速さは，水深の平方根に比例する。図は水槽を上から見たところで，Ⅱ の部分の深さは Ⅰ の部分の深さの半分である。Ⅰ，Ⅱ の境界面に水面波が入射角45°で入射したとき



(1) Ⅱ へ屈折して入るときの屈折角を求めよ。

(2) Ⅱ の部分での波の速さ，波長，周期は，それぞれ Ⅰ の部分での速さ，波長，周期の何倍か。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

35

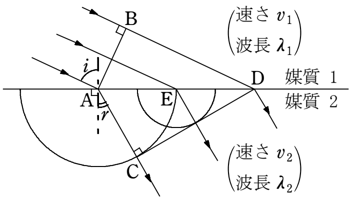
ある波が媒質 Ⅰ から媒質 Ⅱ に進んでいく。この波の，媒質 Ⅰ での速さは 330 m/s，振動数は 550 Hz であり，媒質 Ⅰ に対する媒質 Ⅱ の屈折率は 1.50 である。

(1)　この波の媒質 Ⅱ での速さは何 m/s か。
(2)　この波の媒質 Ⅰ での波長は何 m か。
(3)　この波の媒質 Ⅱ での振動数は何 Hz か。
(4)　この波の媒質 Ⅱ での波長は何 m か。

36

右の図は，媒質 1 から媒質 2 に入射した波が屈折して進むようすを，ホイヘンスの原理によって表している。

(1)　A，E を中心とする 2 つの半円は何を表しているか。
(2)　線分 CD は何を表しているか。
(3)　この図から，媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率 n_{12} を v_1，v_2 や λ_1，λ_2 で表せ。。

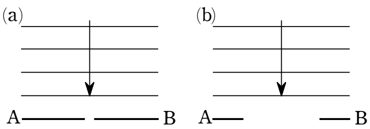


37

波源 A から出て壁で反射し，B 点に達する波の進路を作図せよ。

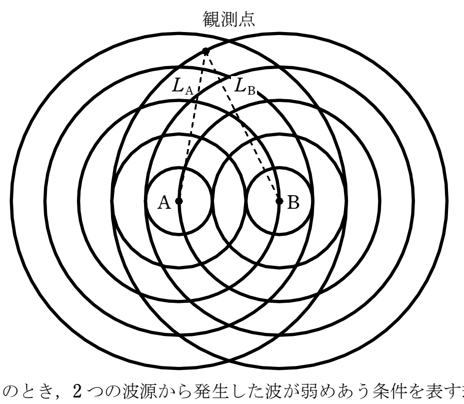
38

深さ一定の水槽で，平面波が障害物(図の A，B) に垂直に入射したとき，図 (a) のように A，B のすきまが波長に比べて十分小さい場合と，図 (b) のようにすきまが波長に比べて十分大きい場合の障害物の裏側でのおおよその波面を描け。



39 [2017 センター物理（2015～　　）]

図のように，水面上にある 2 つの波源 A，B を，同振幅，同振動数，同位相で単振動させた。このとき発生した合成波を観測する。波源 A，B から観測点までの距離をそれぞれ L_A，L_B とする。ただし，波の減衰は無視できるものとする。



(1)　波の波長が λ のとき，2 つの波源から発生した波が弱めあう条件を表す式として正しいものを，次の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。ただし，$n=0$，1，2，… とする。
$\boxed{1}$

①　$L_A+L_B=n\lambda$　　②　$L_A+L_B=\left(n+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　　③　$L_A+L_B=\dfrac{n}{2}\lambda$

④　$L_A+L_B=\left(\dfrac{n}{2}+\dfrac{1}{4}\right)\lambda$　　⑤　$|L_A-L_B|=n\lambda$　　⑥　$|L_A-L_B|=\left(n+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$

⑦　$|L_A-L_B|=\dfrac{n}{2}\lambda$　　⑧　$|L_A-L_B|=\left(\dfrac{n}{2}+\dfrac{1}{4}\right)\lambda$

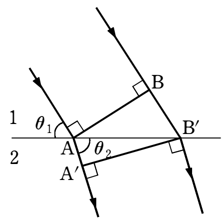
(2)　波源 A，B から発生する波の振動数が f，波長が λ のときに，$L_A=\dfrac{9}{2}\lambda$，$L_B=5\lambda$ となる点で合成波を観測した。同じ位置で観測を続けながら，波源の振幅を変えずに振動数を f から $3f$ の範囲で少しずつ変化させた。観測される振幅が最大となる振動数 f' を表す式として最も適当なものを，次の ①～⑧ のうちから 1 つ選べ。ただし，水面波の速さは振動数によらず一定であるとする。$f'=\boxed{2}$

①　f　　②　$\dfrac{10}{9}f$　　③　$\dfrac{5}{4}f$　　④　$\dfrac{3}{2}f$

⑤　$2f$　　⑥　$\dfrac{9}{4}f$　　⑦　$\dfrac{5}{2}f$　　⑧　$3f$

40 [2015 近畿大]

波の屈折は，媒質によって波の速さが異なるために起こる。図のように，媒質 1 の中を進んできた波は境界面に達すると，屈折して媒質 2 の中を進んでいく。媒質 1，2 の中における波の速さを v_1，v_2 とすると，媒質 1 に対する媒質 2 の相対屈折率は $n_{12}=\dfrac{v_1}{v_2}$ と定義される。



(1)　図に示すように，入射波の進行方向と境界面がなす角を θ_1，屈折波の進行方向と境界面がなす角を θ_2 とする。入射波の波面が AB に達した瞬間から時間 t の後に，波面の一端 B が境界面上の点 B′ に達するとすると，BB′＝$\boxed{ア}$ である。この間に A から入った波は A から $\boxed{イ}$ だけ離れた点 A′ まで進んでいる。このとき図より，BB′＝$\boxed{ウ}$，AA′＝$\boxed{エ}$ と表すこともできる。したがって，θ_1，θ_2，v_1，v_2 の間には $\boxed{オ}$ の関係がある。また，波の振動数は屈折によって変化しないので，媒質 1，2 の中での波長を λ_1，λ_2 とすれば，n_{12}＝$\boxed{カ}$ である。

$\boxed{ア}$，$\boxed{イ}$ **の解答群**

①　$\dfrac{1}{2}(v_1-v_2)t$　　②　$(v_1-v_2)t$　　③　$2(v_1-v_2)t$　　④　$\dfrac{1}{2}v_1t$　　⑤　v_1t

⑥　$2v_1t$　　⑦　$\dfrac{1}{2}v_2t$　　⑧　v_2t　　⑨　$2v_2t$

$\boxed{ウ}$ **の解答群**

①　$\mathrm{AB}\cos\theta_1$　　②　$\mathrm{AB}\sin\theta_1$　　③　$\mathrm{AB}\tan\theta_1$　　④　$\mathrm{AB'}\cos\theta_1$
⑤　$\mathrm{AB'}\sin\theta_1$　　⑥　$\mathrm{AB'}\tan\theta_1$　　⑦　$\mathrm{A'B'}\cos\theta_1$　　⑧　$\mathrm{A'B'}\sin\theta_1$
⑨　$\mathrm{A'B'}\tan\theta_1$

$\boxed{エ}$ **の解答群**

①　$\mathrm{AB}\cos\theta_2$　　②　$\mathrm{AB}\sin\theta_2$　　③　$\mathrm{AB}\tan\theta_2$　　④　$\mathrm{AB'}\cos\theta_2$
⑤　$\mathrm{AB'}\sin\theta_2$　　⑥　$\mathrm{AB'}\tan\theta_2$　　⑦　$\mathrm{A'B'}\cos\theta_2$　　⑧　$\mathrm{A'B'}\sin\theta_2$
⑨　$\mathrm{A'B'}\tan\theta_2$

$\boxed{オ}$ **の解答群**

①　$\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\dfrac{v_1}{v_2}$　　②　$\dfrac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\dfrac{v_1}{v_2}$　　③　$\dfrac{\cos\theta_1}{\cos\theta_2}=\dfrac{v_1}{v_2}$

④　$\dfrac{\cos\theta_2}{\cos\theta_1}=\dfrac{v_1}{v_2}$　　⑤　$\dfrac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2}=\dfrac{v_1}{v_2}$　　⑥　$\dfrac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1}=\dfrac{v_1}{v_2}$

$\boxed{カ}$ **の解答群**

①　$\lambda_1\lambda_2$　　②　$\sqrt{\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}}$　　③　$\sqrt{\dfrac{\lambda_2}{\lambda_1}}$　　④　$\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}$

⑤　$\dfrac{\lambda_2}{\lambda_1}$　　⑥　$\left(\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^2$　　⑦$\left(\dfrac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2$

(2)　図において，n_{12} が 1 より大きいとき，媒質 2 から 1 へ進行する波を考える。この場合の入射波が境界面となす角 θ_2 を小さくして $\boxed{キ}$ の関係を満たすようになると，波がすべて反射する全反射が起こる。

$\boxed{キ}$ **の解答群**

①　$\sin\theta_2=1$　　②　$\sin\theta_2=n_{12}$　　③　$\sin\theta_2=\dfrac{1}{n_{12}}$　　④　$\cos\theta_2=1$

⑤　$\cos\theta_2=n_{12}$　　⑥　$\cos\theta_2=\dfrac{1}{n_{12}}$　　⑦　$\tan\theta_2=1$　　⑧　$\tan\theta_2=n_{12}$

⑨　$\tan\theta_2=\dfrac{1}{n_{12}}$

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

41 ［2001 センター物理ⅠB（1997～2005）］

底の平らな水槽を水平に置き，水面の波を調べた。次の文章を読み，下の問いに答えよ。ただし，水槽の側壁からの反射は無視できるように工夫してある。

(a)　水面上のある点で，小球を振動数 f で上下に振動させ，上から見たところ，水面に波長 λ の円形に広がる波が発生した。

(1)　この波の速さはいくらか。正しいものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。
［ 1 ］

① $\dfrac{f\lambda}{2}$　② $f\lambda$　③ $2f\lambda$

④ $\pi f\lambda$　⑤ $2\pi f\lambda$　⑥ $4\pi f\lambda$

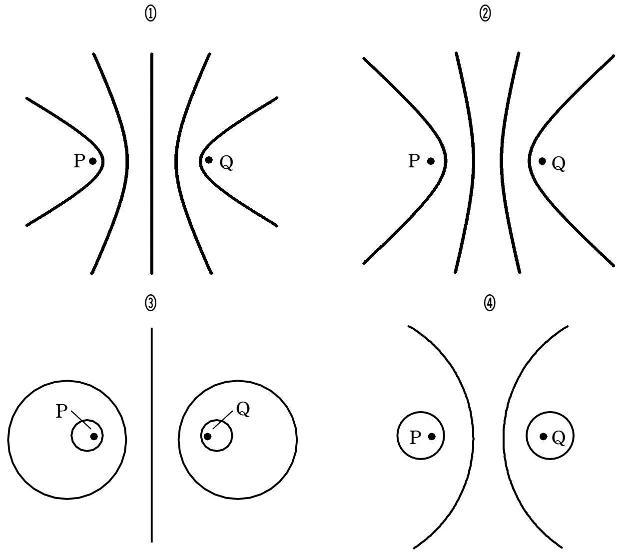
(2)　小球を振動数 f で上下に振動させながら，水平方向に一定の速さで移動させたところ，小球の移動していく向きに進む波の波長は λ' になった。小球の移動の速さはいくらか。正しいものを，次の ①～⑥ のうちから1つ選べ。ただし，小球の移動の速さは，波の速さより小さいものとする。［ 2 ］

① $\dfrac{f\cdot(\lambda'-\lambda)}{2}$　② $f\cdot(\lambda'-\lambda)$　③ $2f\cdot(\lambda'-\lambda)$

④ $\dfrac{f\cdot(\lambda-\lambda')}{2}$　⑤ $f\cdot(\lambda-\lambda')$　⑥ $2f\cdot(\lambda-\lambda')$

(b)　水面上の2点P，Qで，2つの小球を，同じ振動数，同じ振幅，同じ位相で上下に振動させて，波を発生させた。

(3)　水面が上下にほとんど振動しない点をつなぐと，どのような図形になるか。最も適当なものを，次の ①～④ のうちから1つ選べ。［ 3 ］



42 ［2006 センター物理ⅠA（1997～2006）］

音と光の性質について述べた文として正しいものを，次の ①～⑤ のうちから2つ選べ。ただし，解答の順序は問わない。［ 1 ］［ 2 ］

① 基本の振動数が同じ音は，同じ音色で聞こえる。
② 光には干渉する性質があるが，音にはない。
③ 音も光も波なので回折の現象がある。
④ 空気中では音の速さは光の速さよりも遅い。
⑤ 音も光も縦波なので振動の方向と伝わる方向は同じである。

43 ［2000 摂南大］

次の文中の各問いに対する最も適当な答えを，それぞれの解答群から1つ選べ。

光の速さはあまりにも速すぎるので，その測定は非常に困難であった。しかし，1849年フィゾーは，図1で示すような装置を用いて，地上ではじめて光の速さを測定することに成功した。

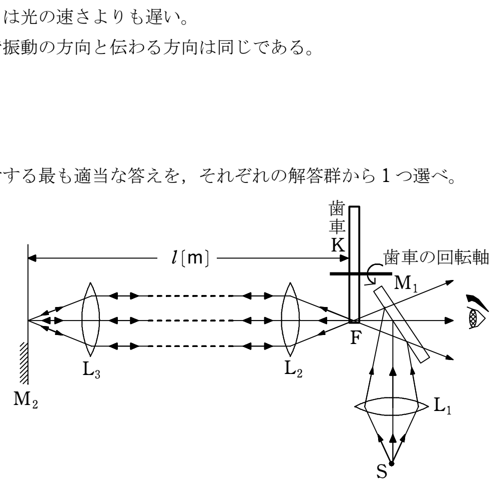


図1　フィゾーによる光の速さの測定

この図で，光源Sから出た光は，凸レンズ L_1 を通り，薄くメッキされた半透明のガラス板 M_1 に当たって反射した後，回転する歯車Kのふち F 点に焦点を結ぶようにする。次に，図2aのようにF点で歯車Kの歯と歯の間のすきまを通りぬけた光は，図1のように，凸レンズ L_2 で平行光線となり，遠距離にある凸レンズ L_3 を通ってから，鏡 M_2 で反射して同じ経路を逆進した後，再びF点に焦点を結ぶようにする。このとき，鏡 M_2 で反射してきた光が，歯車Kの歯と歯の間のすきまを通りぬけるなら，図1の右方で観測した場合，視野は明るくなるが，たとえば図2bのように歯車Kの歯にさえぎられて通過できないなら，視野は暗くなる。なお，歯車の歯と歯の間のすきまの長さと1個の歯の円周にそった長さとは等しいとする。

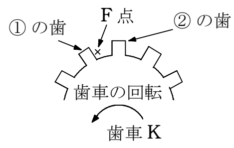


図2a　F点で光が通過する場合

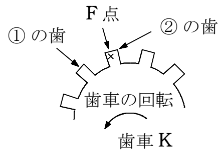


図2b　F点で，M_2 による反射光が歯車の歯でさえぎられる場合

いま，歯車Kの回転数を歯車の回転軸上に描かれている矢印の向きに徐々に増していき，視野がはじめて最も暗くなったときの歯車の回転数を n〔Hz〕，歯車Kの歯数を N〔個〕，大気中での光の速さを c〔m/s〕，歯車Kと鏡 M_2 との間の距離を l〔m〕とすると，光がKと M_2 の間を往復する時間［ ア ］〔s〕と，歯車の歯が1つ分だけ回転するのに要する時間［ イ ］〔s〕(つまり，歯車が図2aの歯の状態から図2bの歯の状態にまで回転する時間) とが等しい。

フィゾーは，上で述べた方法で，$l=8.63\times10^3$ (m)，$N=720$ (個)，$n=12.6$ (Hz) のとき，はじめて視野が最も暗くなるのを観測した。これらの実験値から，光の大気中での速さの値は約［ ウ ］m/s と算出される。

最近では，レーザーやエレクトロニクスの技術を活用して，光の速さを極めて高い精度で求めることができる。

［(ア) の解答群］

① $\dfrac{l}{c}$　② $\dfrac{2l}{c}$　③ $\dfrac{3l}{c}$　④ $\dfrac{l}{2c}$　⑤ $\dfrac{2c}{l}$

［(イ) の解答群］

① $\dfrac{1}{4nN}$　② $\dfrac{1}{3nN}$　③ $\dfrac{1}{2nN}$　④ $\dfrac{2nN}{3}$　⑤ $2nN$

［(ウ) の解答群］

① 2.3×10^8　② 2.5×10^8　③ 2.7×10^8　④ 3.1×10^8　⑤ 3.6×10^8

44

次の問いに答えよ。

(1)　フラウンホーファー線とは何か。また，これは連続スペクトル，線スペクトル，吸収スペクトルのうちのどれか。

(2)　光波の偏光にあたる偏りの現象が音波にもあるかどうか答えよ。またそれはなぜか。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

45［2004 センター物理ＩＡ(1997～2006)］

晴れた日，池のそばにいたＡさんは，水面が光ってまぶしかったので偏光板のサングラスをかけた。するとまぶしさが消え，池の中の魚が見えるようになった。これは次のような理由による。水面で反射された太陽光は［ 1 ］ので，サングラスの偏光板は［ 2 ］。したがって，水中から水面を透過してきた弱い光がよく見えるようになったのである。

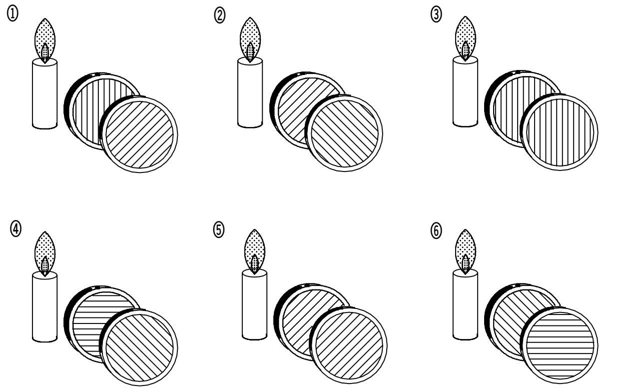
(1) 上の文章中の空欄［ 1 ］に入れる語句として最も適当なものを，次の ①～④ のうちから１つ選べ。

① 縦波で，偏光している　② 横波で，偏光している
③ 縦波で，偏光していない　④ 横波で，偏光していない

(2) 上の文章中の空欄［ 2 ］に入れる文として最も適当なものを，次の ①～④ のうちから１つ選べ。

① 太陽から直接きた光だけよく通す
② 太陽から直接きた光だけよくさえぎる
③ 反射した光だけよく通す
④ 反射した光だけよくさえぎる

(3) ２枚の偏光板を通してローソクの光を見たとき，光が最も暗く見える場合を，次の ①～⑥ のうちから１つ選べ。ただし，偏光板の平行線の向きは透過する光の振動方向を表す。［ 3 ］



46［1999 東京農工大］

光と色について以下の設問に答えよ。

［A］ 人間の目に感じる光のことを可視光線という。ある特定の波長 λ をもつ光は，対応する色をもっている。１図は波長と色の関係を表す図である。(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)の波長領域の光は，それぞれどのような色の名称がつけられているかを，［黄，緑，橙，青］から選べ。

赤	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	紫

770　640　590　550　490　430　380

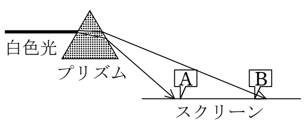
光の波長　λ［nm］

１図 可視光線の波長 λ と色。多少の個人差がある。ただし，$1\,\mathrm{nm}=10^{-9}\,\mathrm{m}$

目に感じない光のうち，赤よりも波長の長い光のことを［ オ ］といい，紫よりも波長の短い光を［ カ ］という。一般に，波長 λ［m］の光子のエネルギー E［J］は，式［ キ ］で表される。ただし，プランク定数を h［J･s］，真空中の光の速さを c［m/s］とする。

したがって，波長が短いほど光子のエネルギーは［ ク ］。$\lambda = 760\,\mathrm{nm}$ の赤い光の２倍の光子エネルギーをもつ光の波長は［ ケ ］nm であり，その色は［ コ ］である。

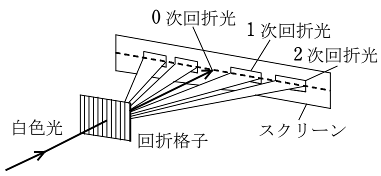
［B］ 太陽光線は白色光である。白く見える理由は，［ サ ］からである。このことを確かめるために，２図に示すように，太陽光線をガラスでできたプリズムに入射したところ，単色光に分解され，スクリーンには虹のような色の帯が見られた。



２図 プリズムを使って白色光を分解する

このような色の帯のことをスペクトルという。図のスクリーン上の帯の左端Ａには［ シ ］色が見られ，右端Ｂには［ ス ］色が見られる。このように，プリズムによって白色光がスペクトルに分解されたのは，ガラスの［ セ ］が波長によって異なった値をもつからである。このように波長によって［ セ ］が異なった値をもつ現象のことを光の分散という。この実験からガラスでは波長が短いほど［ セ ］は［ ソ ］な値をもつことがわかる。

［C］ プリズムを使わなくても白色光をスペクトルに分解することができる。その１つが回折格子である。1 mm あたりの刻線数 600 本の微細な溝が刻んである回折格子の面に垂直に白色光を入射したところ，３図のようにスクリーン上には複数のスペクトルが現れた。

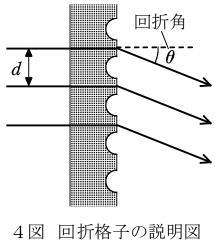


３図 回折格子による白色光の分解

(1) ４図に示すように，回折格子の微細な溝の間隔を d［m］とすると m 次の回折光の回折角 θ と波長 λ［m］の間には，［ タ ］という関係式が成り立つ。

(2) 回折格子において［ タ ］という関係式が成り立つ理由を，図にかき加えた適当な線や記号などを使って，30 字以内の文章で説明せよ。［ チ ］

(3) 関係式［ タ ］から考えて，赤い光と青い光ではどちらのほうが大きな回折角で回折されるだろうか。赤なら記号(a)を，青なら記号(b)を選べ。



４図 回折格子の説明図

(4) 1 mm あたりの刻線数 N が1200 本になったとすると，スクリーンに映ったスペクトルの位置と長さはどうなるか。正しいものの記号を下から選べ。

(a) スペクトルの位置と長さは刻線数によらず変化しない。
(b) スペクトルの位置は回折角の大きなほうへずれるが，長さは変わらない。
(c) スペクトルの位置は回折角の大きなほうへずれ，長さは増加する。
(d) スペクトルの位置は回折角の小さなほうへずれるが，長さは変わらない。
(e) スペクトルの位置は回折角の小さなほうへずれ，長さは短くなる。

このように［B］と［C］は，現象としては同じように白色光をスペクトルに分解するが，［B］では物質自身がもつ固有の性質である「分散」を用いているのに対し，［C］では物質に人工的に形成した構造により生じた「回折」を用いているのである。

47

真空中からガラスへ波長 $6.0\times10^{-7}\,\mathrm{m}$ の光が入射した。そのときの入射角 i を測定したところ $\sin i$ は 0.30 であった。真空中の光の速さは $3.0\times10^{8}\,\mathrm{m/s}$ であるとする。

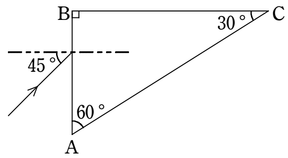
(1) この光の振動数を求めよ。

(2) 屈折角 r を測定したところ，$\sin r$ は 0.20 であった。ガラスの屈折率を求めよ。

48

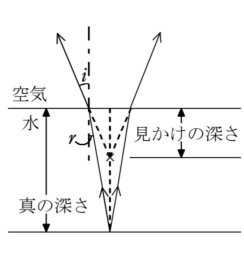
図のような断面ABCをもつ，屈折率が $\sqrt{2}$ のガラスでできた三角柱プリズムがある。

AB面に，図のように 45° の入射角で光を入射させるとき，光の進路を図示せよ。ただし，全反射以外の反射光は描かなくてよい。



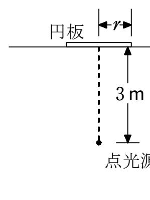
49

水深 1.0 m のプールの底を真上から見ると，深さはどの位に見えるか。ただし，水の屈折率を $\dfrac{4}{3}$ とする。。



50

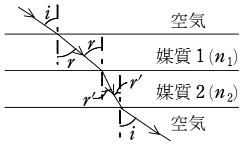
海面下 3 m のところに設置してある点光源を，図のように海面に円板を浮かべて，海面上のどこからも見えないようにしたい。円板の半径 r を何 m にすればよいか。海水の屈折率を $\sqrt{2}$ とする。



 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

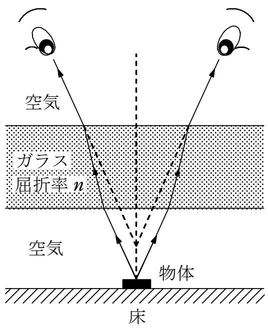
51

　図のように，平行な平面を境界にもつ媒質に空気中から入射した光線は，空気中に出るとき，入射方向と平行な方向に出ていく。このことから，図の媒質1および2の絶対屈折率 n_1，n_2 と，媒質1に対する媒質2の相対屈折率 n_{12} との間に $n_{12}=\dfrac{n_2}{n_1}$ の関係があることを示せ。



52 [2006 センター物理Ⅰ（2006～2015）]

　厚さが一定で，空気に対する屈折率 n のガラス板が床から一定の高さに保たれている。このガラス板の上側から床の上にある物体を見たところ，実際の距離より少し近くに見えた。これは，図のように，物体から出た光がガラス板で屈折して目に届くためである。



(1)　空気中の光の速さを c_1，波長を λ_1 とし，ガラス中の光の速さを c_2，波長を λ_2 とする。ガラスの屈折率 n と c_1，c_2，λ_1，λ_2 の間の関係として正しいものを，次の ①～④ のうちから1つ選べ。 $\boxed{\ 1\ }$

①　$n=\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}$　　②　$n=\dfrac{c_2}{c_1}=\dfrac{\lambda_2}{\lambda_1}$　　③　$n=\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{\lambda_2}{\lambda_1}$　　④　$n=\dfrac{c_2}{c_1}=\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}$

(2)　次の文章中の空欄 $\boxed{\ ア\ }$・$\boxed{\ イ\ }$ に入れる文 (a)～(c) の組合せとして最も適当なものを，下の ①～⑨ のうちから1つ選べ。 $\boxed{\ 2\ }$

　屈折率は同じで，厚さが半分のガラス板に交換して同じ実験をした。このとき，物体までの見かけの距離は $\boxed{\ ア\ }$。次に，最初のガラス板と同じ厚さで，屈折率が1.2倍のガラス板と交換したところ，見かけの距離は $\boxed{\ イ\ }$。

(a)　最初のガラス板の場合よりも近くなった
(b)　最初のガラス板の場合よりも遠くなった
(c)　最初のガラス板の場合と同じであった

	ア	イ
①	(a)	(a)
②	(a)	(b)
③	(a)	(c)
④	(b)	(a)
⑤	(b)	(b)
⑥	(b)	(c)
⑦	(c)	(a)
⑧	(c)	(b)
⑨	(c)	(c)

53 [2004 センター物理ⅠA (1997～2006)]

　空き箱の1つの面の中央に直径約1 mm の小さい穴(ピンホール)をあけ，反対側の面には四角い窓を切り抜いてトレーシングペーパー(半透明の紙)をはり，ピンホールカメラを作った。図1のように，物体の1点から出た光は小さい穴を通ってトレーシングペーパーのスクリーン上の1点に届くので，スクリーンに物体の像が映される。これを図2のように子犬に向けると，スクリーンに子犬の像が映った。

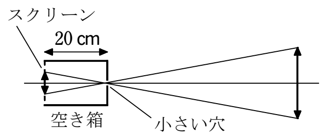


図1

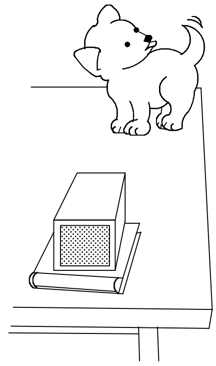
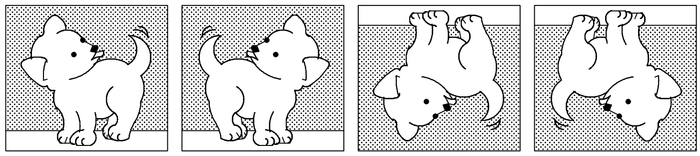


図2

(1)　このときスクリーン上の子犬の像はどのように見えたか。正しいものを，次の ①～④ のうちから1つ選べ。 $\boxed{\ 1\ }$

①　②　③　④



(2)　穴の直径を5 mm に大きくしたら像はどのように変化するか。最も適当なものを，次の ①～④ のうちから1つ選べ。 $\boxed{\ 2\ }$

①　全体が明るくなって，像は少しぼける。
②　全体が暗くなって，像は少しぼける。
③　全体が明るくなって，像はもっとはっきりする。
④　全体が暗くなって，像はもっとはっきりする。

(3)　子犬の代わりに長さ15 cm の鉛筆を立てた。カメラの小さい穴と鉛筆との距離は1 m である。スクリーン上ではこの鉛筆の像の長さは何 cm になるか。最も適当なものを，次の ①～⑧ のうちから1つ選べ。ただし，ピンホールカメラの長さは図1に示すように20 cm である。 $\boxed{\ 3\ }$ cm

①　1　　②　2　　③　3　　④　4
⑤　5　　⑥　6　　⑦　7　　⑧　8

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

54 [2015 金沢工業大]

［ア］～［ク］に適当な数値を入れよ。必要ならば，四捨五入して答えよ。必要ならば $\sqrt{2}=1.41$ とせよ。

図1のように，空気中から透明な物質Sに光を45°の入射角で入射させたところ，一部の光は平坦な境界面で反射し，一部の光は屈折角30°で物質Sの内部に進んだ。空気の屈折率を1.0とし，真空中の光の速さを 3.0×10^8 m/s とする。

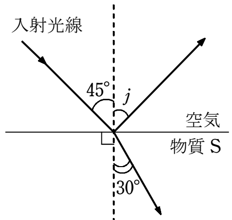


図1

(1) 反射角 j は［ア］°である。

(2) 物質Sの屈折率を n とすると $n^2=$［イ］である。

(3) 物質Sの中を進む光の，速さは［ウ］m/s であり，波長は真空中での波長の［エ］倍である。

今度は，図2のように，物質Sから空気との境界面に光を入射させた。

まず，入射角を30°にしたところ，一部の光は屈折角 r で空気中に出た。

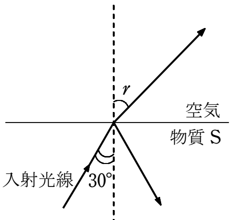


図2

(4) $r=$［オ］°である。

次に，入射角を30°から徐々に大きくした。

(5) 入射角を［カ］°以上にすると，光は全反射し，空気中には出てこなくなる。

この物質Sを用いて平板をつくり，図3のように，面ABと面CDが水平になるように置いた。光がこの物質Sの内部を進み，空気との境界面で60°の入射角で全反射をくり返している場合，このままの状態では光が境界面ABまたはCDから空気中に出てくることはない。そこで，物質Sの内部に平面鏡Mを置いた。Mの反射面と水平面とのなす角を θ とし，Mで反射した光の面ABへの入射角を i とする(図3)。

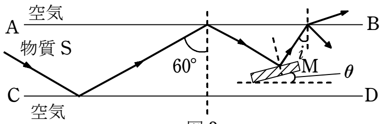


図3

θ が θ_0 より小さいときは空気中に光がまったく出てこなかったが，θ が θ_0 より大きいときは空気中に一部の光が出てきた。

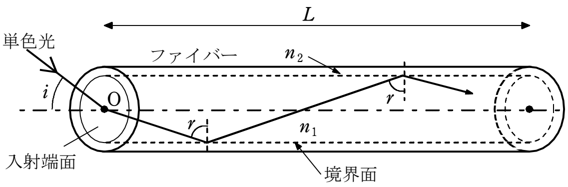
(6) Mの傾角 θ が θ_0 のとき，i は $\theta=0°$ のときの入射角60°よりも［キ］°だけ小さい。

(7) $\theta_0=$［ク］°である。

55 [2010 センター物理Ⅰ（2006～2015）]

図は，ある光ファイバーの概念図である。屈折率の異なる2種類の透明な媒質からなる二重構造をしており，媒質1でできた中心部分の円柱の屈折率 n_1 は，媒質2でできた周囲の円筒の屈折率 n_2 よりも大きい。このファイバーを空気中におき，円柱の端面の中心Oから単色光の光線を入射角 i で入射させる。端面で光は屈折してファイバー中を進み，媒質1と媒質2の境界面で反射される。この境界面への入射角を r とする。

以下では，図のように円柱の中心軸を含む平面内を進む光についてのみ考える。また空気の屈折率は1とする。



(1) 端面への入射角 i を小さくしていくと，境界面への入射角 r は大きくなる。r がある角度 r_0 より大きくなると，境界面で全反射が起こり，光は媒質1の円柱の中だけを通って，円柱の外に失われることなく反対側の端面にまで到達する。

$r>r_0$ のとき，光が円柱に入射してから，反対側の端面に到達するまでにかかる時間はいくらか。空気中での光速を c，ファイバーの長さを L として正しいものを，次の ①～⑨ のうちから1つ選べ。［1］

① $\dfrac{L}{c}$　② $\dfrac{L}{c\sin r}$　③ $\dfrac{L}{c\cos r}$　④ $\dfrac{n_1L}{c}$　⑤ $\dfrac{n_1L}{c\sin r}$

⑥ $\dfrac{n_1L}{c\cos r}$　⑦ $\dfrac{n_1L}{n_2c}$　⑧ $\dfrac{n_1L}{n_2c\sin r}$　⑨ $\dfrac{n_1L}{n_2c\cos r}$

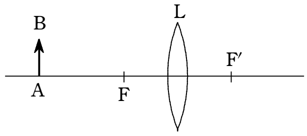
(2) 媒質1と媒質2の境界面で全反射が起こる場合の，端面への入射角 i の最大値を i_0 とするとき，$\sin i_0$ を n_1，n_2 で表す式として正しいものを，次の①～⑥ のうちから1つ選べ。$\sin i_0=$［2］

① n_1-n_2　② $n_1{}^2-n_2{}^2$　③ $\sqrt{n_1-n_2}$　④ $\sqrt{n_1{}^2-n_2{}^2}$

⑤ $\dfrac{1}{n_2}-\dfrac{1}{n_1}$　⑥ $\dfrac{1}{n_2{}^2}-\dfrac{1}{n_1{}^2}$

56

右図で凸レンズLによる物体ABの像を作図によって求めよ。F，F′はレンズの焦点とする。

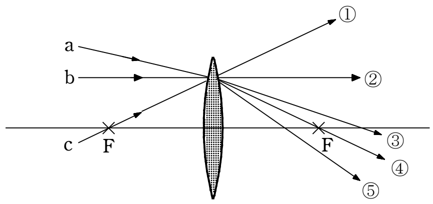


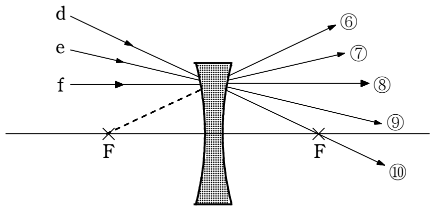
57 [1997 センター物理ⅠA（1997～2006）]

図に示したように凸レンズと凹レンズの左側から光線a～fが入射する。レンズの左側では光線b，fは光軸に平行である。また図中のFはレンズの焦点の位置を表す。

問　光線a～fがレンズを通過した後の光路として最も適当なものを，次の①～⑩のうちから1つずつ選べ。

光線	a	b	c	d	e	f
光路	1	2	3	4	5	6



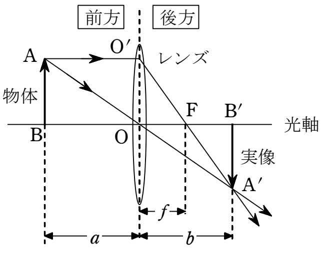


Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

58［2008 室蘭工業大］

薄い凸レンズによって生じる物体の像について，次の文中の空欄に適する式，語句あるいは数値を記入せよ。

［A］ 図のように，レンズから物体までの距離を a，実像ができる点までの距離を b，レンズの焦点距離を f とし，物体 AB とその像 A′B′ について考える。レンズの中心を O，焦点を F とする。A から O′ に向かう光は光軸に平行である。



(1) 物体の大きさに対する像の大きさの比を倍率という。三角形 ABO と三角形 A′B′O に注目すると，倍率は a，b を用いて $\boxed{\text{ア}}$ と表される。

(2) 三角形 O′OF と三角形 $\boxed{\text{イ}}$ は相似なので，$\dfrac{\text{A}'\text{B}'}{\text{OO}'}=\boxed{\text{ウ}}$ の関係が成りたつ。

OO′$=\boxed{\text{エ}}$ なので，この式は $\dfrac{\text{A}'\text{B}'}{\text{AB}}=$(ウ) となり，$b$ と f を用いて表すと，

$\dfrac{\text{A}'\text{B}'}{\text{AB}}=\boxed{\text{オ}}$ となる。この式は倍率を表すので (ア) と (オ) を等しいとおいて整理すると，次の関係式が得られる。

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f} \qquad \cdots\cdots ①$$

(3) 物体をレンズの前方 $2f$ の位置に置くと，① 式より，像はレンズの後方 $\boxed{\text{カ}}$ の位置に生じる。

(4) 実像が生じる場合，光を通さない紙などでレンズの一部をおおうと，像の形と大きさは $\boxed{\text{キ}}$。一方，明るさは $\boxed{\text{ク}}$。

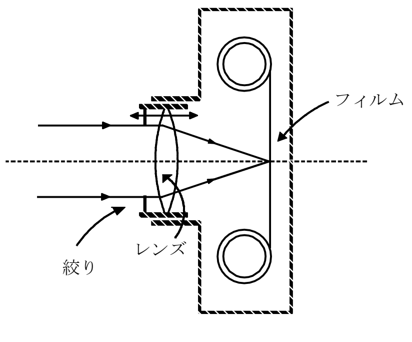
［B］ ① 式は，像がレンズの後方にあるとき b は正，前方にあるとき b は負と定めると，虚像の場合にも使える。ただし，倍率は絶対値をとることにする。焦点距離 $f=5$ cm のレンズによって生じる物体の像について考える。

(1) レンズの前方 $b=-20$ cm の位置に物体の虚像を生じさせるためには，レンズから物体までの距離を $\boxed{\text{ケ}}$ cm にすればよい。このとき，倍率は $\boxed{\text{コ}}$ となる。

(2) 同じレンズを用いて 5 倍の拡大実像を得るには，レンズから物体までの距離を $\boxed{\text{サ}}$ cm にすればよい。このとき，レンズの後方 $\boxed{\text{シ}}$ cm の位置に実像が生じる。

59［1997 センター物理ⅠA（1997～2006）］

カメラのしくみについて考えてみよう。図はカメラの原理を表す模式図である。物体をはっきり撮影するには，レンズの位置を前後に移動させフィルムの位置に像を結ばせる（ピントをあわせる）。



(1) カメラで物体を撮影するとき，フィルム面上に結ばれる像として正しいものはどれか。次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{1}$

① 正立した実像が結ばれる。
② 正立した虚像が結ばれる。
③ 倒立した実像が結ばれる。
④ 倒立した虚像が結ばれる。

(2) カメラが物体からある程度以上離れていないと，ピントのあった撮影はできない。その理由として最も適当なものはどれか。次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{2}$

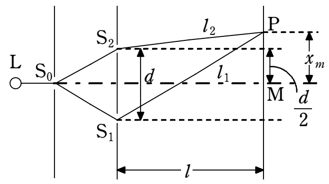
① レンズの動ける範囲が決まっているから。
② フィルムの大きさが決まっているから。
③ レンズの直径が決まっているから。
④ 絞りの開閉には限界があるから。

(3) ピントをあわせることのできない近距離の物体を撮影するにはどうすればよいか。最も適当なものを，次の ①～④ のうちから 1 つ選べ。$\boxed{3}$

① カメラのレンズの前に近視の眼鏡レンズのような薄い凹レンズをおく。
② カメラのレンズの前に虫眼鏡のような薄い凸レンズをおく。
③ カメラの前に偏光板をおく。
④ 絞りを開ける。

60［1997 東北学院大］

図のように光源 L から波長 λ の光を細長いスリット S_0 に当てる。この S_0 から出る光を 2 本の細長いスリット S_1，S_2 に当てると S_1，S_2 から十分離れたスクリーン上に明暗の縞模様が見られる。この現象は光の $\boxed{1}$ によるものである。



すなわち，スクリーン上の点 P と S_1，S_2 間の距離 l_1，l_2 の差が $|l_1-l_2|=\boxed{2}$ ($m=0$, 1, 2, …) を満足するとき，光の波は強め合って明るくなり，また $|l_1-l_2|=\boxed{3}$ ($m=0$, 1, 2, …) を満足するとき，光の波は打ち消し合って暗くなる。

縞模様の中央 M を基準として m 番目の明線 P までの距離 MP を x_m とすると，

$l_1{}^2=\boxed{4}$，$l_2{}^2=\boxed{5}$ が成り立つ。したがって，$l_1{}^2-l_2{}^2=\boxed{6}$

$l_1+l_2≒2l$ と近似すると，$l_1-l_2≒\boxed{7}$ となる。

点 P は m 番目の明線の位置であるから，$x_m=\boxed{8}$

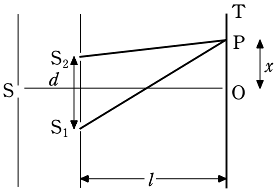
さらに，隣り合う明線の間隔を Δx とすると，$\Delta x=x_{m+1}-x_m=\boxed{9}$ となる。ヤングはこの方法を使って光の波長を求めた。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

61 [2000 近畿大]

次に文中の ア ～ カ にあてはまる最も適当なものを，それぞれの解答群から選べ。ただし，同じ番号をくり返し用いてもよい。

図において，スリットSから入射した波長 λ の単色光が，Sから等距離にある間隔 d でおかれた2つのスリット S_1，S_2 を通り，距離 l 離れて S_1S_2 と平行に配置されたスクリーンT上に縞模様を発生させた。



この縞模様の原因は，S_1 および S_2 からT上の任意の点までの距離に関して，その差 L を考えるとき，m を整数とすると，$L=$ ア なら S_1，S_2 から出た光はその点で強めあい，$L=$ イ なら弱めあうことによる。強めあうところは明るく，弱めあうところは暗くなり，明暗の縞模様ができるわけである。

ここで，隣りあう明線の間隔 Δx と波長 λ との関係を調べるため，図のT上の点Pに関して L を求めてみる。そのため，S_1S_2 の中点からTにおろした垂線とTとの交点をO，OとPの距離を x とし，S_1P，S_2P をそれぞれ斜辺とする直角三角形に三平方の定理を適用すると，$S_1P^2-S_2P^2=$ ウ であり，$S_1P-S_2P=\dfrac{\text{ウ}}{S_1P+S_2P}$ と変形できる。

このとき，d と x は l よりはるかに小さいとすると，$S_1P+S_2P=2l$ とみなしてよいので，$L=S_1P-S_2P=$ エ となる。

さらに，Pは点Oの上下にとれることから，$L=|S_1P-S_2P|=$ エ が導かれる。

ア ＝ エ であることを考慮すれば，m が1異なる場合の x から，Δx と λ との関係は，$\Delta x=$ オ で表される。

このことより，d，l，Δx を測定すると，波長 λ が決定されることがわかる。この実験を カ の実験という。

[(ア)，(イ)の解答群]

① $m\lambda$　② $\frac{1}{2}m\lambda$　③ $\frac{1}{3}m\lambda$　④ $m\lambda+\frac{1}{2}\lambda$

⑤ $m\lambda+\frac{1}{3}\lambda$　⑥ $\frac{\lambda}{m}$　⑦ $\frac{\lambda}{2m}$　⑧ $\frac{\lambda}{3m}$

[(ウ)の解答群]

① $4xd$　② $2xd$　③ xd　④ $\frac{1}{xd}$

⑤ $\frac{1}{2xd}$　⑥ $\frac{1}{4xd}$　⑦ $\frac{1}{2}xd$　⑧ $\frac{1}{4}xd$

[(エ)の解答群]

① $\frac{ld}{x}$　② $\frac{x}{ld}$　③ $\frac{xd}{l}$　④ $\frac{l}{xd}$　⑤ $\frac{lx}{d}$　⑥ $\frac{d}{lx}$

⑦ $\frac{2ld}{x}$　⑧ $\frac{2x}{ld}$　⑨ $\frac{2xd}{l}$　⑩ $\frac{2l}{xd}$　⑪ $\frac{2lx}{d}$　⑫ $\frac{2d}{lx}$

[(オ)の解答群]

① $\frac{ld}{\lambda}$　② $\frac{\lambda}{ld}$　③ $\frac{\lambda d}{l}$　④ $\frac{l}{\lambda d}$　⑤ $\frac{l\lambda}{d}$　⑥ $\frac{d}{l\lambda}$

⑦ $\frac{2ld}{\lambda}$　⑧ $\frac{2\lambda}{ld}$　⑨ $\frac{2\lambda d}{l}$　⑩ $\frac{2l}{\lambda d}$　⑪ $\frac{2l\lambda}{d}$　⑫ $\frac{2d}{l\lambda}$

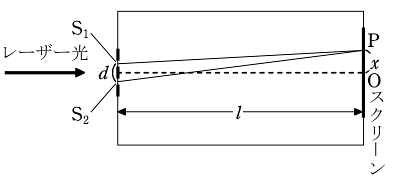
[(カ)の解答群]

① ホイヘンス　② ニュートン　③ ドップラー　④ シャルル

⑤ ヤング　⑥ クーロン　⑦ ジュール　⑧ ミリカン

62 [2005 名城大]

図のように，薄いガラスでできた直方体の水槽の1つの側面に，近接した2つのスリット(複スリット：S_1，S_2)を貼り付け，その面と反対側の側面にはスクリーンを貼り付ける。最初，水槽には何も入っていない。その状態で，水槽の外側から複スリットに対して垂直にスポット状のレーザー光線を入射させると，スクリーン上にほぼ等間隔の明るい斑点(明点)が観察された。複スリットの間隔を d，複スリットからスクリーンまでの距離を l (l は d に比べて十分大きい)，レーザー光の光軸とスクリーンとの交点をOとし，Oから最も近い明点Pまでの距離を x として，以下の問いに答えよ。



(1) 光の経路 S_1P と S_2P との経路差 $|S_1P-S_2P|$ と，光の波長との間にはどのような関係があるか。光の波長 λ を用いて表せ。

(2) 次に前問(1)における経路差 $|S_1P-S_2P|$ を x，d，l を用いて表せ。そのとき，恒等式 $(S_1P-S_2P)(S_1P+S_2P)=S_1P^2-S_2P^2$ を用いてよい。ここでは，l は x に比べて十分大きいので，$S_1P+S_2P\fallingdotseq 2l$ が成りたつ。

(3) 前問(1)，(2)より，x を λ，l，d を用いて表せ。

(4) いま水槽に光を通す液体を入れた場合を考えよう。

(a) 屈折率 n の液体中の光の波長 λ' を n，λ を用いて表せ。

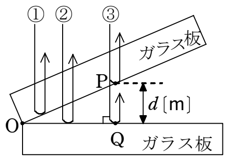
(b) 屈折率 n の液体を入れたときのOPの距離 x' を λ，l，n，d を用いて表せ。

(c) 液体を入れないときOPの距離は5.0 mmであったが，ある液体を入れたら，その距離は4.0 mmになった。この液体の屈折率はいくらか。

63

次の文中の □ に適するものを下から選べ。

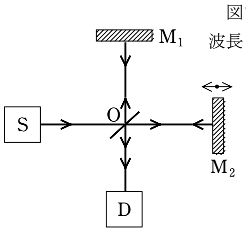
波が固定端で反射するときには，固定端で ア 。光の場合にも屈折率 小→大 の境界面での反射のとき，同様な現象が起こる。つまり，空気(屈折率1.0)中に屈折率1.5のガラス板を図のように置いたとき，①の反射では屈折率1.5→1.0の境界OPでの反射であるから，イ 。一方，②の反射では屈折率1.0→1.5の境界の反射なので，ウ 。いま，③のように，QとPで反射した光が干渉する場合を考える。この場合，2つの反射光の道のりの差は，エ となる。P点での反射では オ が，Q点での反射では カ ので，この差(エ)が半波長の キ 倍のとき打ち消しあって暗く見える。いま，光の波長が 6.0×10^{-7} m，$d=1.2\times10^{-5}$ m であるとすると，③のように反射した光は干渉して ク 見えることになる。



[語群] (a) 位相が1波長分ずれる　(b) 位相が半波長分ずれる　(c) 位相はずれない　(d) d　(e) $2d$　(f) $d/2$　(g) 偶数　(h) 奇数　(i) 明るく　(j) 暗く

64

図でSは波長 λ の単色光源，Dは光の検出器である。Sから出た光はOにある半透明鏡によって，平面鏡 M_1 および M_2 に向かう光に分けられ，それぞれ M_1，M_2 によって反射したのち再び重なってDに入射する。



(1) $OM_1=l_1$，$OM_2=l_2$ として，Dで明るくなる条件を l_1，l_2，λ および整数 m を用いて表せ。

(2) M_2 は前後に平行に移動できる。ある位置でDが明るくなってから，M_2 をゆっくり移動したところ，次に明るくなるのを1回目として37回目にDが明るくなったときの移動距離は 1.0×10^{-5} m であった。これから波長 λ を求めよ。

65

次の問いに答えよ。

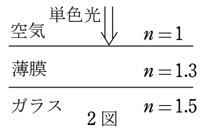
(1) 1図のように，薄膜に白色光を垂直に入射させると，反射光は色がついて見えた。薄膜の屈折率 $n=1.3$，薄膜の厚さ $d=3.0\times10^{-7}$ m とすると

(a) この反射光の波長はいくらか。

(b) この反射光はどんな色か。

1図

(2) 2図のように，薄膜を十分厚いガラス板に密着させ，波長 6.24×10^{-7} m の単色光を垂直に入射させた。反射光が最も弱められる最小の膜の厚さはいくらか。ただし，薄膜とガラス板の屈折率をそれぞれ1.3，1.5とする。



2図

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

66［2007 日本女子大］

図1のように，平面ガラス上に曲率半径の大きい平凸レンズを置き，真上から単色光を入射させると，接触点を中心とする同心円状の明暗の干渉縞が見られる。これをニュートンリングといい，明るい縞を明環，暗い縞を暗環と，それぞれよぶ。次の問いに答えよ。

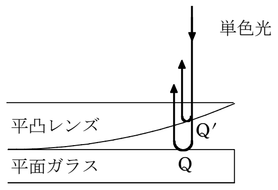


図1

(1) ニュートンリングの縞が生じる原理を説明した次の文の空欄を適切な言葉で埋めよ。

光は，図1のように，点Q′で一部反射して上方に向かい，のこりの光は透過して点Qに達する。点Qに達した光の一部は反射して上方に向かい，のこりは透過する。

通常，2つの光の経路差が半波長の［ア］倍であれば強めあって明るくなり，半波長の［イ］倍であれば弱めあって暗くなる。

屈折率の大きな物質から小さな物質へ入射する際の反射は自由端反射となり，位相の変化は［ウ］であるが，屈折率の小さな物質から大きな物質へ入射する際の反射は固定端反射となり，位相の変化は［エ］である。

よって，Q′とQの反射における縞の中心は［オ］となる。

(2) 図2に示すようにニュートンリングの半径rから平凸レンズの曲率半径Rを求めることができる。QQ′間の距離をdとして，d，r，Rの関係式を求めよ。ただし，$R \gg d$とする。

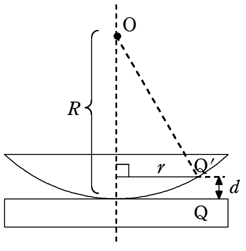


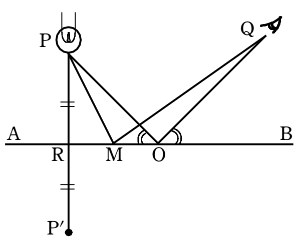
図2

(3) (1)の説明文を参考にして，明環における光の経路差についての条件式と，暗環における条件式を，dを用いて求めよ。ただし，単色光の波長をλとし，m番目の明環，暗環のそれぞれを表すのに，m ($m=0$，1，2，…)を用いよ。

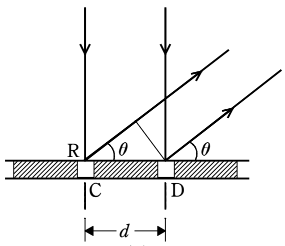
(4) m番目および$(m+p)$番目の暗環の半径をそれぞれr_m，r_{m+p}とし，(2)と(3)の暗環の条件式からRを算出する式を，r_m，r_{m+p}，p，λを用いて求めよ。

67［1997 工学院大］

次の文の空欄にふさわしい文字，語句，値を入れよ。



1 図



2 図

光の伝わる経路を定めるフェルマーの原理とよばれるものがある。この原理によれば，光が点Pから点Qに伝わる際に，その光の伝わる時間を最小にする経路が選ばれる。したがって，真空中での最短経路は［ア］である。真空中での光の速さをcとする。鏡面の反射について調べてみよう。真空中で光源Pから発し，鏡面AB上の点Mで反射し，スクリーン上の点Qに至る光路を考える。光がP→M→Qの経路を通る際の所要時間τはPM，MQ，cを用いて［イ］と書ける。τを最小にするには，点Mは∠POA＝∠QOBを満足する点Oに選べば良いことが次のようにしてわかる。1図のように点Pの鏡像をP′とすると，PM＝P′M，PO＝［ウ］が成立する。また，∠P′OQ＝［エ］である。したがって，PM，PO，MQ，OQについて［オ］が成立することで明らかである。

それでは，Qに至る光はすべて入射角と反射角が等しい条件を満たす点Oから来たものであろうか。いま，Pから鏡面に下ろした垂線の足RからQに光が来ていないかを調べてみよう。それには工夫がいる。2図のようにRの近くで大部分の鏡面を削ってしまった。残った鏡面は無視できる程のせまい幅で間隔dをおいて規則的に並んでいる。光が波動であるとし，［カ］の原理にしたがい，鏡面から光の波面が広がっていくとする。2図の相隣りあう2点C，Dについて，dはRQに比べて非常に小さいのでCQ∥DQと見なすことができるため，2点C，Dからでた波がQに至るまでの光路差はθを用いて［キ］と表される。いま，光の波長をλとする。このとき，たまたま$\lambda=$［キ］が満足されていると，点Qでこの波長の光は強調される。光源が白色光であればRの近くで発せられた二次的な波は，波長λのものだけがQで生き残る条件を満たすことになる。つまり，QからRをみると，光源からの光が波長λに対応した色に見える。Rの近くが黄色に見えているときに，RよりOにやや近い鏡面を見るとそこは［ク］色に見える。これに似た現象として，CD(コンパクトディスク)の面を眺めると虹色に見えることを知っているだろう。これは，CDの表面が2図に似ているためである。このように，入射角と反射角の等しくないところからも光が来ていることは確かである。しかし，単なる鏡面であるとRの近くからの光が［ケ］して打ち消しあってしまい，光が来ていないように見えるのである。

68［2009 センター物理Ⅰ（2006～2015）］

図1のような格子定数(スリットの間隔)dの回折格子に，波長λの光を垂直に入射した。このとき，隣り合うスリットを通る光の経路差が光の一波長分となる回折光は強めあう。このような方向の回折光を一次回折光という。

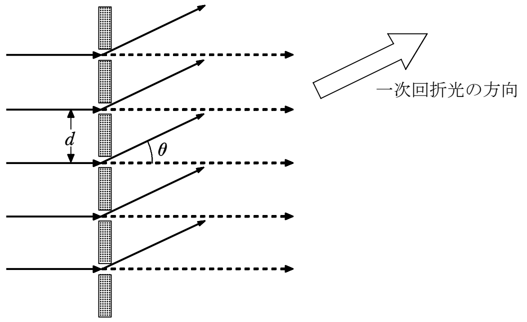


図1

(1) 格子定数dが1.0×10^{-6} m，光の波長λが0.5×10^{-6} mであるとき，一次回折光の方向が入射光の方向となす角度θの値として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから1つ選べ。$\theta=$［1］

① 10°　② 15°　③ 30°　④ 45°　⑤ 60°　⑥ 80°

(2) この回折格子に垂直に細い太陽光線を入射させ，透過光をスクリーンに投影したところ，図2のように，スクリーン上に一次回折光のスペクトルが現れた。このときの光の色の並び方として最も適当なものを，下の①～⑥のうちから1つ選べ。ただし，入射光線の延長線がスクリーンと交わる位置をPとする。［2］

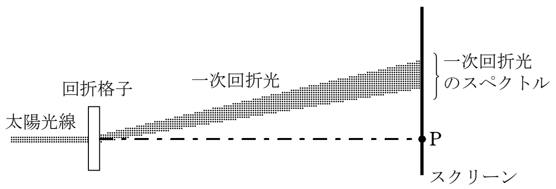
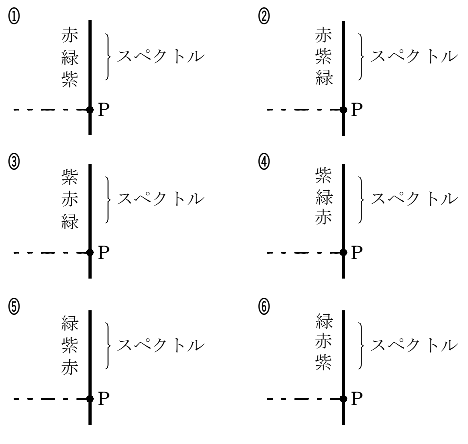


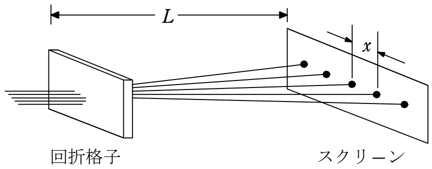
図2

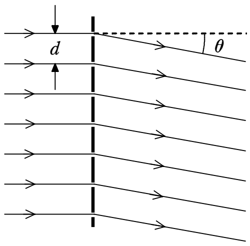


 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

69 ［1996 東北工業大］

図のように一定の波長をもつレーザー光を回折格子に垂直に入射させ，遠方においたスクリーン上で，回折されたレーザー光のつくる明点を観測する。レーザー光の波長を λ，回折格子の格子間隔を d，回折格子からスクリーンまでの垂直距離を L とする。以上の実験は空気中で行われている。





下の問いに最も適するものを解答群から1つ選べ。

⑴ スクリーン上の明点と明点の間隔を x とする。入射光と回折光のなす角度を θ とするとき，L が x に比べて非常に大きい場合 $\tan\theta \fallingdotseq \sin\theta$ と近似してよい。間隔 x を与える式として正しいのはどれか。

① $\dfrac{d\lambda}{L}$　② $\dfrac{L}{d\lambda}$　③ $\dfrac{\lambda L}{d}$　④ $\dfrac{dL}{\lambda}$　⑤ $\lambda\sin\theta$　⑥ $d\sin\theta$

⑦ $\dfrac{L\lambda\sin\theta}{d}$　⑧ $d\lambda\sin\theta$

⑵ 格子間隔が2倍になると，明点と明点の間隔は何倍になるか。

① 4倍　② 2倍　③ $\sqrt{2}$ 倍　④ 1倍　⑤ $\dfrac{1}{2}$ 倍　⑥ $\dfrac{1}{\sqrt{2}}$ 倍

⑦ $\dfrac{1}{4}$ 倍

いま，レーザー光源からスクリーンまでの光の通る道筋をすべて，空気に対する相対屈折率が1.25の透明な物質で満たしたとする。

⑶ このときこの物質中でレーザー光の波長はいくらになるか。

① 1.8λ　② 1.6λ　③ 1.4λ　④ 1.25λ　⑤ λ　⑥ 0.8λ　⑦ 0.6λ

⑧ 0.4λ

⑷ このとき明点と明点の間隔 x は空気中で観測した場合の何倍になるか。

① 2倍　② 1.8倍　③ 1.6倍　④ 1.25倍　⑤ 1.0倍　⑥ 0.8倍

⑦ 0.6倍　⑧ 0.4倍